MANUALUL INGINERULUI MECANIC

TEHNOLOGIA
CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

EDITURA TEHNICĂ

MANUALUL INGINERULUI MECANIC

TEHNOLOGIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

Coordonatorul acestui volum:

prof. dr. doc. șt. A. NANU

Coordonarea generală a celor trei volume din „Manualul inginerului mecanic":

prof. dr. doc. șt. GH. BUZDUGAN

membru corespondent al Academiei R.S.R.



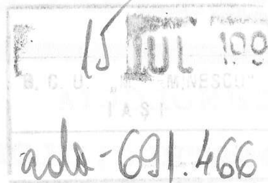
EDITURA TEHNICĂ

BUCUREȘTI



Colectivul de autori :

Ing. N. ACHIMESCU, conf. ing. GH. AILINCĂI, prof. dr. ing. A. ALBU, conf. dr. ing. L. BAGIU, ing. VL. BURGARD, prof. dr. ing. N. BUDIȘAN, dr. ing. L. DEACU, prof. emerit ing. AL. DOMȘA, ing. S. DOMȘA, conf. dr. ing. A. DREUCEAN, prof. dr. GH. FACSKO, conf. ing. V. KILLMANN, ing. Z. LANCRĂNGEAN, prof. dr. ing. I. LĂZĂRESCU, conf. dr. ing. V. MANOVICIU, prof. dr. doc. șt. A. NANU, ing. D. NANU, ing. S. NANU, ing. I. NEGREA, conf. dr. ing. AL. NICHICI, ing. GH. PAULESCU, prof. dr. ing. GH. PETRICEANU, prof. dr. ing. C. PICOȘ, ing. H. POPA, ing. I. POPOVICI, conf. dr. ing. V. POPOVICI, prof. dr. ing. VL. POPOVICI, conf. ing. A. RĂILEANU, conf. dr. ing. ST. ROSINGER, conf. dr. ing. C. ȘARLĂU, prof. dr. ing. GH. SAVII, ing. M. ȘELARIU, ing. CL. ȘTEFĂNESCU, ing. C. ȘTEȚIU, dr. ing. G. ȘTEȚIU, conf. ing. GH. TACHE, prof. dr. ing. M. TRUȘCULESCU



Coordonarea secțiunilor:

prof. dr. ing. I. LĂZĂRESCU
conf. ing. V. KILLMANN
prof. dr. doc. șt. A. NANU
prof. dr. ing. C. PICOȘ
prof. dr. ing. GH. SAVII

Lucrarea prezintă procedeele tehnologice utilizate în industria construcțiilor de mașini, insistîndu-se asupra tehnologiilor care au o eficiență tehnico-economică ridicată.

Lucrarea cuprinde: precizia de prelucrare a pieselor, calitatea suprafețelor, semifabricate, adaosuri de prelucrare, probleme tehnico-organizatorice, norme și normative, principii de automatizare a proceselor tehnologice în construcția de mașini, prelucrarea materialelor metalice prin turnare, prelucrarea materialelor metalice prin deformare plastică, prelucrarea tabelelor, sudarea, tăierea și lipirea materialelor metalice, fabricarea pieselor din pulberi metalice, prelucrarea materialelor metalice prin așchiere, prelucrarea materialelor prin eroziune, tratamente termice și termochimice ale oțelurilor și fontelor, coroziunea și protecția materialelor metalice, prelucrarea materialelor plastice, proiectarea proceselor tehnologice de prelucrare, proiectarea și construcția dispozitivelor, studiul tehnico-economic al procedeelor și proceselor tehnologice, proiectarea proceselor tehnologice de asamblare, echilibrarea în tehnologia asamblării, tehnologia îmbinărilor, mecanizarea și automatizarea operațiilor de asamblare, lucrările de încheiere în tehnologia asamblării, organizarea controlului tehnic în construcția de mașini, controlul calității materialelor metalice, mecanizarea și automatizarea controlului tehnic, controlul asamblărilor și al pieselor de formă complexă și protecția muncii în construcția de mașini.

* * *

Acest volum constituie o parte din lucrarea în trei volume intitulată „Manualul inginerului mecanic", pe care o publică Editura tehnică. Celelalte două volume vor cuprinde: unul „Materiale, rezistența materialelor și vibrații", iar celălalt volum— „Organe de mașini și mecanisme". Manualul inginerului mecanic în actuala ediție apare într-o elaborare nouă, la zi cu progresele actuale ale tehnicii în acest domeniu.

Lucrarea se adresează tuturor inginerilor mecanici, dar poate fi utilizată și de inginerii de alte specialități, de tehnicieni și de studenții din învățămîntul tehnic superior.

Redactori: ing. **VASILE BUZATU** și ing. **MARIA-ANTOINETTE IONESCU**
Tehnoredactor: ELLY GORUN
Coperta: ȘTEFAN PÂRĂU
Execuția desenelor: ing. **VIOREL VAȘNEA**

PREFAȚĂ

Dezvoltarea într-un ritm deosebit de ridicat a industriei constructoare de mașini și aparate din țara noastră, sarcină trasată prin directivele Congresului al X-lea al P.C.R., impune introducerea și aplicarea pe scară largă a proceselor tehnologice moderne, care, în final, să determine o calitate ridicată a produselor și deci competitivitatea lor.

*În acest sens, tovarășul Nicolae Ceaușescu, secretar general al Partidului Comunist Român, a arătat că: „Un rol esențial au în acest sens ridicarea nivelului tehnic al producției, îmbunătățirea continuă a tehnologiilor de fabricație și a calității produselor. În condițiile progresului tehnic de astăzi, cînd modernizarea produselor și a tehnologiilor are loc într-un ritm extrem de rapid, menținerea în fabricație a unor produse cu caracteristici învechite, dotarea economiei cu utilaje și instalații cu randament scăzut au efecte negative asupra dezvoltării economice a țării. De aceea se impune să acționăm energic și permanent pentru înnoirea produselor, reproiectarea mașinilor și utilajelor, perfecționarea tehnologiilor de fabricație, îmbunătățirea substanțială a calității tuturor produselor". **

Realizarea acestor deziderate necesită un sistem informațional corespunzător, o documentație completă și o pregătire tehnico-științifică adecvată a fabricației în fiecare unitate productivă.

Pentru a veni în ajutorul constructorilor de mașini și aparate din țara noastră, lucrarea prezintă problemele fundamentale teoretice și practice ale tehnologiei construcțiilor de mașini, constituind primul manual ingineresc de acest fel.

Tematica lucrării este prezentată pe domenii fundamentale: proiectare, prelucrare, asamblare și control. Sînt prezentate succint principalele procedee utilizate în construcția de mașini și aparate, atît cele clasice cît și cele moderne (neconvenționale), insistîndu-se asupra acestora din urmă datorită faptului că au eficiență economică superioară, chiar dacă unele dintre ele nu au încă un cîmp larg de aplicare. De asemenea sînt prezentate și unele procedee care pe plan mondial se găsesc încă în fază de aplicare semiindustrială

* *Nicolae Ceaușescu.* Raportul „Cu privire la dezvoltarea economică-socială a României în următorii ani și în perspectivă, la perfecționarea conducerii planificate a societății și dezvoltarea democrației socialiste, la creșterea rolului conducător al partidului în edificarea socialismului și comunismului, la activitatea internațională a partidului și statului", prezentat la Conferința Națională a Partidului Comunist Român din 19–21 iulie 1972, Scînteia nr. 9214 din 20 iulie 1972, pag. 4.

sau numai în fază de încercări în laborator. Fiecare procedeu cuprinde teoria aferentă, utilajele necesare și tehnologia de lucru.

Prezentarea teoriei ce stă la baza procedeului tehnologic s-a considerat necesară deoarece cunoașterea legității fenomenelor și interdependența lor sub formă analitică, grafică etc. duce la cuprinderea în ansamblu a problemei, la fixarea corectă a domeniului de aplicare, a condițiilor de optimizare, automatizare și, în consecință, utilizarea sa cea mai rațională.

Prezentarea utilajelor necesare aplicării procedeului s-a făcut în majoritatea cazurilor prin scheme, fără a se intra în detalii descriptive, considerîndu-se că o astfel de descriere formează obiectul unor manuale specifice procedeelor.

Tehnologiei propriu-zise i s-a acordat cea mai mare atenție în scopul orientării inginerilor, pentru aplicarea optimă a procedeelor prezentate.

Conținutul lucrării a fost elaborat de un amplu colectiv de autori din toată țara, coroborînd experiența cadrelor inginerești din uzine, institute de cercetări și proiectări și cadre didactice din învățămîntul tehnic superior.

Lucrarea se adresează inginerilor mecanici din toate ramurile de activitate legate de construcția de mașini și aparate.

Prof. dr. doc. șt. AUREL NANU

CUPRINSUL

I. PROBLEME GENERALE ALE TEHNOLOGIEI CONSTRUCŢIILOR DE MAŞINI

1. CONSIDERAȚII GENERALE

1.1. PROCESUL DE PRODUCȚIE

Procesul de producție al unei întreprinderi constructoare de mașini cuprinde întreaga activitate desfășurată cu scopul de a realiza, prin transformarea materiei prime și a materialelor, produse finite. Această activitate se desfășoară într-un cadru organizat corespunzător particularităților constructive, condițiilor și procedeelor folosite pentru realizarea produsului. Organizarea procesului de producție, determinată de felul materialelor care se prelucrează și de procedeele tehnologice, trebuie să asigure realizarea în cele mai bune condiții a produsului finit respectiv. Activitatea de producție se desfășoară în cadrul sectoarelor, secțiilor, atelierelor, ca subunități ale întreprinderii.

După felul cum participă la realizarea produsului finit, procesele de producție pot fi clasificate în procese de bază, auxiliare, de deservire și anexe.

Procesele de bază cuprind activitățile prin care materiile prime și materialele suferă modificări ale formei, dimensiunilor, proprietăților, poziției relative a suprafețelor și a aspectului lor, transformîndu-se în produse finite. La întreprinderile constructoare de mașini, în procese de bază sînt cuprinse procesele de turnare, forjare, presare, sudare, prelucrare pe mașini unelte, ajustare, asamblare, încercare, finisare etc.

Procesele auxiliare concură la realizarea procesului de bază. Acestea cuprind procesele de producere a energiei electrice, aburului, aerului comprimat etc., întreținerea mașinilor-unelte și a utilajelor, construcția și întreținerea sculelor, dispozitivelor și verificatoarelor etc.

Procesele de deservire cuprind acțiuni care se referă atît la procesele de bază, cît și la cele auxiliare și constau în transportul diferitelor forme de energie, al materialelor, al semifabricatelor, al S.D.V.-urilor la locul de muncă etc.

Un factor important care determină desfășurarea procesului de producție și a proceselor tehnologice este volumul producției de același fel care urmează a se executa. După această caracteristică a producției se disting producția de unicate, de serie și de masă.

Producția de unicate sau individuală este caracterizată prin aceea că se fabrică produsul într-un singur exemplar sau într-un număr redus de exemplare, iar la locurile de muncă se execută o varietate mare de operații, fără ca ele să se mai repete, sau se repetă la intervale neregulate. În această categorie intră producția mașinilor speciale mari, construcția prototipurilor etc.

Producția de serie prezintă caracteristica de fabricație a unui număr mai mare de produse. După cum seria este formată dintr-un număr mai mic sau mai mare de pro-

duse, se poate clasifica în producţia de serie mică, mijlocie şi mare. Producţia de serie mică prezintă caracteristica apropiată de aceea a producţiei de unicate. Producţia de serie mare se apropie de caracteristicile producţiei de masă. Din punct de vedere tehnologic, la această formă de producţie, la majoritatea locurilor de muncă se execută, după anumite perioade de timp, aceleaşi operaţii asupra loturilor de piese, prin lot de piese înţelegîndu-se cantitatea de piese care intră în acelaşi timp în lucru. Producţia de serie se întîlneşte la fabricarea maşinilor-unelte, compresoarelor, pompelor, locomotivelor etc.

Producţia de masă se caracterizează prin aceea că la locul de muncă se execută în mod permanent aceeaşi operaţie. Pentru realizarea unei înalte productivităţi, operaţiile se execută pe maşini-unelte de mare productivitate, maşini-unelte speciale, maşini-unelte automate sau linii automate. Acest tip de producţie se întîlneşte la fabricarea unor motoare electrice, a autoturismelor, a rulmenţilor etc.

Considerată din punct de vedere al elementelor componente, se constată că la aceeaşi maşină, produsă chiar într-un număr mic de exemplare, se întîlnesc piese care sînt fabricate în producţie de masă, altele în producţie de serie.

1.2. PROCEDEE ŞI PROCESE TEHNOLOGICE

Activitatea productivă prin care se realizează modificări ale proprietăţilor, dimensiunilor şi ale formei materiei prime şi materialelor, precum şi aceea de asamblare a elementelor componente ale unei maşini, constituie *procesul tehnologic*.

În vederea obţinerii unui produs conform cu documentaţia tehnică, materia primă sau semifabricatele sînt supuse unor acţiuni de prelucrare, acţiuni prin care se urmăreşte asigurarea dimensiunilor, formei şi proprietăţilor corespunzătoare, prevăzute în documentaţie. Prelucrarea se realizează prin aplicarea unor energii mecanice, termice, electrice, chimice etc., caracteristice *procedeelor tehnologice* aplicate.

Este cunoscut că acelaşi produs finit se poate obţine prin aplicarea unor diferite procedee tehnologice. Alegerea procedeului tehnologic este determinată de caracteristicile constructive, proprietăţile fizico-mecanice, condiţiile de precizie şi calitate a prelucrării etc.

La aplicarea unui anumit procedeu tehnologic se foloseşte un anumit utilaj, un anumit număr şi succesiune a operaţiilor, ceea ce face ca procesul tehnologic să difere de la un procedeu la altul.

Stabilirea procedeului tehnologic ce trebuie aplicat se face avîndu-se în vedere utilizarea unei tehnologii înaintate, pentru a se asigura o prelucrare optimă din punct de vedere tehnic şi economic. Analiza tehnico-economică a procedeului de prelucrare se face pentru fiecare operaţie, stabilindu-se maşina-unealtă, dispozitivele şi sculele necesare. Pe baza acestor studii se întocmeşte documentaţia tehnologică pentru varianta admisă.

Pentru întocmirea documentaţiei tehnologice, procesul tehnologic se descompune în subdiviziuni sau elemente componente. Cea mai importantă subdiviziune este *operaţia* prin care se arată în ce condiţii se efectuează prelucrarea. Operaţia corespunde unei prelucrări executate de acelaşi muncitor, la acelaşi loc de muncă, cu acelaşi utilaj, cu aceeaşi sculă, cu acelaşi regim de lucru. Operaţia constituie elementul de bază la elaborarea proiectelor pentru procedeele şi procesele tehnologice, pentru normarea tehnică a muncii şi pentru planificarea producţiei.

Deoarece de multe ori la prelucrare se impune schimbarea fixării piesei sau a regimului de lucru, apare o subdiviziune a operaţiei în *faze de lucru*. La rîndul său, faza se poate subdivide în *treceri*, cînd se prelucrează aceeaşi suprafaţă în aceleaşi condiţii, adaosul de prelucrare fiind îndepărtat prin una, două sau mai multe treceri. Trecerea este deci partea din faza de prelucrare care se execută la o singură deplasare a sculei pe suprafaţa de prelucrat.

Pentru studiul muncii este necesar a se cunoaşte contribuţia muncitorului la executarea unei faze sau operaţii. Totalitatea acţiunilor manuale efectuate de muncitor pentru executarea unei operaţii formează *mînuirile*. Mînuirea poate fi simplă sau complexă. La rîndul ei, mînuirea se poate descompune în *mişcări*, care reprezintă deplasările efectuate de un organ de lucru şi care pot fi măsurate în timp. Studiul mînuirilor şi mişcărilor sînt elemente principale pentru studiile ergonomice.

2. PRECIZIA DE PRELUCRARE A PIESELOR ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

2.1. CONDIȚII DE PRECIZIE IMPUSE PRODUSELOR FINITE

2.1.1. GENERALITĂȚI

Calitatea unui produs finit *) depinde de un complex de valori, printre care se menționează parametrii geometrici (liniari sau unghiulari) și starea suprafețelor (rugozitate, duritate etc. sau prelucrare, tratament etc.). Calitatea produsului finit, din punct de vedere geometric, este determinată de *macro-geometrie* (precizia dimensională, precizia formei geometrice, precizia poziției diferitelor elemente geometrice, ondulații) și *micro-geometrie* (rugozitatea suprafeței).

Oricît de exact se va căuta să se execute sau să se măsoare oricare din parametrii enumerați, intervin întotdeauna erori de execuție sau de măsurare. Iată de ce proiectantul este necesar să prescrie, în *desenul produsului finit* **), limitele permise diferiților parametri, astfel încît să se asigure calitatea respectiv funcționarea produsului finit. Pentru oricare parametru fizic, limita, care corespunde valorii maximale permise, se va numi *limită maximă*, iar limita, care corespunde valorii minimale permise — *limită minimă*. Diferența dintre limita maximă și limita minimă se numește *toleranță*; de exemplu pentru dimensiuni liniare,

$$T_D = D_{max} - D_{min} \tag{2.1}$$

unde T_D este toleranța dimensiunii D, iar $D_{max,\ min}$ sînt limitele.

Deoarece (prima axiomă a teoriei toleranțelor [14])

$$D_{max} \geqslant D_{min} \tag{2.2}$$

rezultă că

$$D_{max} - D_{min} \geqslant 0,$$

adică

$$T_D \geqslant 0 \tag{2.3}$$

*) Prin produs finit se înțelege un produs în starea lui de utilizare, care poate fi: o piesă gata pentru montaj sau pentru punerea în funcțiune, o piesă pentru transformări ulterioare (un produs de turnătorie sau de forjă).

**) Un desen al produsului finit este acela care definește complet un produs în starea lui de utilizare, condițiile necesare pentru funcționarea produsului fiind exprimate direct pe desen (după ISO/129). În STAS 6857-70 se numește *desen de execuție*.

sau, cu alte cuvinte, toleranța este o mărime reală (cele două limite D_{max} și D_{min} fiind reale) și nenegativă.

Pentru a corespunde condițiilor prescrise de proiectant, *valoarea efectivă* E (adică valoarea obținută prin măsurarea dimensiunii realizate), pentru oricare dintre parametrii considerați, trebuie să fie cuprinsă între cele două limite. În cazul dimensiunilor liniare,

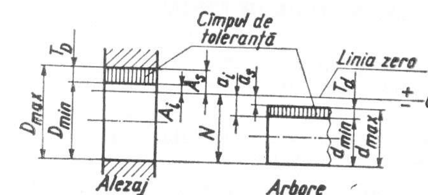


Fig. 2.1. Parametrii unei asamblări

$$D_{max} \geqslant E_D \geqslant D_{min}.$$

Cîmpul în care poate fi cuprinsă dimensiunea efectivă se numește *cîmp de toleranță* (fig. 2.1).

În vederea definirii valorii unui parametru fizic oarecare, se obișnuiește să se considere *valoarea nominală* N a acestuia, adică valoarea luată ca bază pentru a caracteriza parametrul respectiv, independent de diferențele admise față de această valoare.

Diferențele algebrice dintre limite și dimensiunea nominală se numesc *abateri*. În cazul dimensiunilor liniare:

— abaterea superioară (A_s sau a_s) *)

$$A_s = D_{max} - N; \tag{2.4}$$

— abaterea inferioară (A_i sau a_i) *)

$$A_i = D_{min} - N. \tag{2.5}$$

Relațiile (2.4) și (2.5) pot fi transformate:

$$D_{max} = N + A_s;\ D_{min} = N + A_i. \tag{2.6}$$

Introducînd (2.6) în (2.1), se obține o nouă definire a toleranței:

$$T_D = A_s - A_i. \tag{2.7}$$

Expresiile (2.6) arată că valorile limită se obțin dacă se adaugă algebric la valoarea nominală cele două abateri. Convențional, aceasta se scrie sub forma

$$(N)\,^{+A_s}_{+A_i} \tag{2.8}$$

*) S-a convenit ca majuscula să se utilizeze la alezaje, iar minuscula la arbori; convenția se menține și la alte simbolizări.

Aceasta este forma sub care proiectantul prescrie, prin *cotă* sau *condiții tehnice*, pe desenul produsului finit, abaterile permise pentru un parametru oarecare (de exemplu, pentru dimensiuni liniare: $10^{+0,2}_{+0,1}$).

2.1.2. ABATERILE DIMENSIUNILOR LINIARE

Prin *dimensiune* se înțelege numărul care exprimă, în unitatea de măsură aleasă, valoarea numerică a unei mărimi liniare (diametru, lungime etc.) sau unghiulare (unghi perpendicularitate etc.).

Abaterile dimensiunilor liniare sau unghiulare față de un reper (corespunzător dimensiunii nominale) constituie *abaterile dimensionale*.

În cazul dimensiunilor liniare, cazul reprezentativ întîlnit este cel al îmbinărilor cilindrice netede, constituite din *alezaj* (termen utilizat convențional pentru denumirea oricărei dimensiuni liniare interioare a unei piese, chiar dacă nu este cilindrică) și *arbore* (termen convențional pentru denumirea oricărei dimensiuni liniare exterioare).

La asamblarea unui alezaj cu diametrul efectiv E_D cu un arbore cu diametrul efectiv E_d, dacă înainte de îmbinare exista relația $E_D > E_d$, va rezulta după îmbinare o *asamblare cu joc*. Dacă înainte de îmbinare $E_D < E_d$, va rezulta o *asamblare cu stringere*. Se definesc: *jocul efectiv* $J = E_D - E_d$ și *strîngerea efectivă* $S = E_d - E_D$.

Luînd în considerare cîmpurile de toleranță, se deosebesc (fig. 2.2):

Jocul minim $J_{min} = D_{min} - d_{max} = A_s - a_i$. (2.9)

Jocul maxim $J_{max} = D_{max} - d_{min} = A_i - a_s$. (2.10)

Strîngerea minimă $S_{min} = d_{min} - D_{max} = a_i - A_s$. (2.11)

Strîngerea maximă $S_{max} = d_{max} - D_{min} = a_s - A_i$. (2.12)

Toleranța jocului $T_J = J_{max} - J_{min} = T_D + T_d$. (2.13)

Toleranța strîngerii $T_S = S_{max} - S_{min} = T_D + T_d$. (2.14)

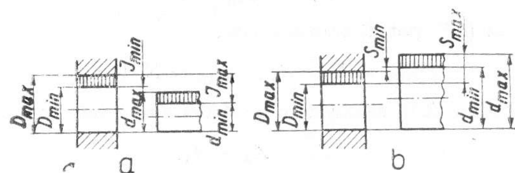


Fig. 2.2. Ajustaje:
a — cu joc; *b* — cu strîngere

La fabricația de serie sau masă, diametrele efective ale alezajelor respectiv arborilor, vor avea valori diferite (după o lege de distribuție, în funcție de condițiile existente). Ca urmare, apare noțiunea de *ajustaj*, care caracterizează relația ce există între două

grupe de piese de același diametru nominal, în legătură cu valoarea jocului sau strîngerii ce apare cînd piesele sînt asamblate. Se deosebesc: *ajustaje cu joc* (fig. 2.2,*a*), *ajustaje cu strîngere* (fig. 2.2,*b*) și *ajustaje intermediare* (de trecere, fig. 2.3); în ultimul caz, apar atît asamblări cu joc cît și asamblări cu strîngere (distribuția jocurilor și strîngerilor se calculează pe baza teoriei probabilităților [14, pct. 7.14].

Diferitele ajustaje se realizează pe două căi (fig. 2.4):

Sistemul alezaj unitar (fig. 2.4, *a*), în care diferitele ajustaje sînt obținute prin poziționarea corespunzătoare a cîmpului de toleranță al diverșilor arbori, în raport cu cîmpul de toleranță al alezajului menținut constant.

Sistemul arbore unitar (fig. 2.4, *b*), în care diferitele ajustaje sînt obținute prin poziționarea corespunzătoare a cîmpului de toleranță al diverselor alezaje, în raport cu cîmpul de toleranță al alezajului menținut constant.

În sistemul ISO, poziționarea cîmpurilor de toleranță, față de linia zero, este definită prin: mărimea cîmpului de toleranță $T_{D,d}$ și una din abaterile limită, numită *abatere fundamentală* (fig. 2.5) — STAS 8101-68 și STAS 8108-68 (tabelele 2.1—2.5).

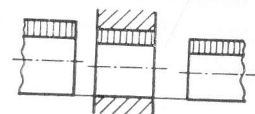


Fig. 2.3. Ajustaje intermediare

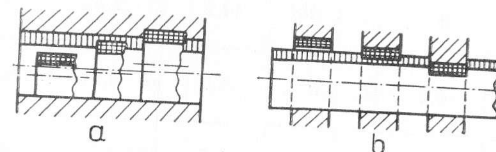


Fig. 2.4. Sisteme de ajustaje:
a — alezaj unitar; *b* — arbore unitar

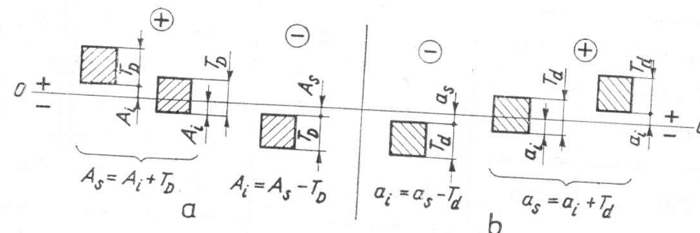


Fig. 2.5. Poziționarea cîmpurilor de toleranțe:
a — alezaje; *b* — arbori

Poziționarea diferitelor cîmpuri de toleranță ale alezajelor se simbolizează cu majuscule, iar ale arborilor — cu minuscule. Cîmpurile H și h se găsesc deasupra, respectiv sub linia zero (fig. 2.6). Pentru a se obține diferitele ajustaje, în sistemul alezaj unitar

Tabelul 2.1

Toleranţe fundamentale în sistemul ISO, pentru dimensiuni 1—500 mm (STAS 8101-68), μm

Precizie	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mărimea toleranţei	—	—	—	—	—	—	≈7*i*	10*i*	16*i*	25*i*	40*i*	64*i*	100*i*	160*i*	250*i*	400*i*	640	1000*i*
Toleranţe fundamentale	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Peste 1 pînă la 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3—6	0,4	0,6	1,0	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6—10	0,4	0,6	1,0	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10—18	0,5	0,8	1,2	2,0	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18—30	0,6	1,0	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30—50	0,6	1,0	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50—80	0,8	1,2	2,0	3,0	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80—120	1,0	1,5	2,5	4,0	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120—180	1,2	2,0	3,5	5,0	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180—250	2,0	3,0	4,5	7,0	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250—315	2,5	4,0	6,0	8,0	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315—400	3,0	5,0	7,0	9,0	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400—500	4,0	6,0	8,0	10,0	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Tabelul 2.2

Abaterile fundamentale pentru arbori, după ISO, pentru dimensiuni 1—500 mm (STAS 8101-68)

Poziţia cîmpului de toleranţă		a	b	c	cd	d	e	ef	f	gf	g	h	j			js
Precizia		Toate preciziile											5 6	7	8	Toate preciziile
Intervalul de dimensiuni, mm		Abaterile, µm														
		Superioare														
		Valori negative														
Peste	Pînă la															
—	1			60	34	20	14	10	6	4	2	0	2	4	6	Abaterile sînt egale cu $\pm\frac{1}{2}$ IT a preciziei respective
1	3	270	140	60	34	20	14	10	6	4	2	0	2	4	6	
3	6	270	140	70	46	30	20	14	10	6	4	0	2	4	—	
6	10	280	150	80	56	40	25	18	13	8	5	0	2	5	—	
10	14	290	150	95		50	32		16		6	0	3	6	—	
14	18															
18	24	300	160	110		65	40		20		7	0	4	8	—	
24	30															
30	40	310	170	120		80	50		25		9	0	5	10	—	
40	50	320	180	130												
50	65	340	190	140		100	60		30		10	0	7	12	—	
65	80	360	200	150												
80	100	380	220	170		120	72		36		12	0	9	15	—	
100	120	410	240	180												
120	140	460	260	200		145	85		43		14	0	11	18	—	
140	160	520	280	210												
160	180	580	310	230												
180	200	660	340	240		170	100		50		15	0	13	21	—	
200	225	740	380	260												
225	250	820	420	280												
250	280	920	480	300		190	110		56		17	0	16	26	—	
280	315	1050	540	330												
315	355	1200	600	360		210	125		62		18	0	18	28	—	
355	400	1350	680	400												
400	450	1500	760	440		230	135		68		20	0	20	32	—	
450	500	1650	840	480												

Poziţia cîmpului de toleranţă		k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
Precizia		4 la 7	<3 şi >7	Toate preciziile													
Intervalul de dimensiuni, mm																	
		Inferioare															
		Valori pozitive															
Peste	Pînă la																
—	1	0	0	2	4	6	10	14	—	—	—	20	—	26	32	40	60
1	3	0	0	2	4	6	10	14	—	18	—	20	—	26	32	40	60
3	6	1	0	4	8	12	15	19	—	23	—	28	—	35	42	50	80
6	10	1	0	6	10	15	19	23	—	28	—	34	—	42	52	67	97
10	14	1	0	7	12	18	23	28	—	—	—	40	—	50	64	90	130
14	18								—	33	39	45	—	60	77	108	150
18	24	2	0	8	15	22	28	35	—	41	47	54	63	73	98	136	188
24	30								41	48	55	64	75	88	118	160	218
30	40	2	0	9	17	26	34	43	48	60	68	80	94	112	148	200	274
40	50								54	70	81	97	114	136	180	242	325
50	65	2	0	11	20	32	41	53	66	87	102	122	144	172	226	300	405
65	80						43	59	75	102	120	146	174	210	274	360	480
80	100	3	0	13	23	37	51	71	91	124	146	178	214	258	335	445	585
100	120						54	79	104	144	172	210	254	310	400	525	690
120	140	3	0	15	27	43	63	92	122	170	202	248	300	365	470	620	800
140	160						65	100	134	190	228	280	340	415	535	700	900
160	180						68	108	146	210	252	310	380	465	600	780	1000
180	200	4	0	17	31	50	77	122	166	236	284	350	425	520	670	880	1150
200	225						80	130	180	258	310	385	470	575	740	960	1250
225	250						84	140	196	284	340	425	520	640	820	1050	1350
250	280	4	0	20	34	56	94	158	218	315	385	475	580	710	920	1200	1550
280	315						98	170	240	350	425	525	650	770	1000	1300	1700
315	355	4	0	21	37	62	108	190	268	390	475	590	730	900	1150	1500	1900
355	400						114	208	294	435	530	660	820	1000	1300	1650	2100
400	450	5	0	23	40	68	126	232	330	490	595	740	920	1100	1450	1850	2400
450	500						132	252	360	540	660	820	1000	1250	1600	2100	2600

Observaţie. S-au considerat şi dimensiunile sub 1 mm.

Tabelul 2.3

Abaterile fundamentale pentru alezaje după ISO, pentru dimensiuni 1—500 mm

Poziția cîmpului de toleranță		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	J	J	J	Js	K	M	N	K	N	P
Precizia		Toate preciziile											6	7	8		De la 9			Pînă la 8		
Interval de dimensiuni, mm		Abaterile, µm																				
		Inferioare											Superioare				Superioare			Superioare *		
Peste	Pînă la	Valori pozitive																				
	1			60	34	20	14	10	6	4	2	0	2	4	6	Abaterile sînt egale cu ± 1/2 IT a preciziei respective	0	2		0	4	6
1	3	270	140	60	34	20	14	10	6	4	2	0	2	4	8		0	2	4	0	4	6
3	6	270	140	70	46	30	20	14	10	6	4	0	5	6	10		0	4	0	1	8	12
6	10	280	150	80	56	40	25	18	13	8	5	0	5	8	12		0	6	0	1	10	15
10	14	290	150	95		50	32		16		6	0	6	10	15		0	7	0	1	12	18
14	18																					
18	24	300	160	110		65	40		20		7	0	8	12	20		0	8	0	2	15	22
24	30																					
30	40	310	170	120		80	50		25		9	0	10	14	24		0	9	0	2	17	26
40	50	320	180	130																		
50	65	340	190	140		100	60		30		10	0	13	18	28		0	11	0	2	20	32
65	80	360	200	150																		
80	100	380	220	170		120	72		36		12	0	16	22	34		0	13	0	3	23	37
100	120	410	240	180																		
120	140	460	260	200		145	85		43		14	0	18	26	41		0	15	0	3	27	43
140	160	520	280	210																		
160	180	580	310	230																		
180	200	660	340	240		170	100		50		15	0	22	30	47		0	17	0	4	31	50
200	225	740	380	260																		
225	250	820	420	280																		
250	280	920	480	300		190	110		56		17	0	25	36	55		0	20	0	4	34	56
280	315	1050	540	330																		
315	355	1200	600	360		210	125		62		18	0	29	39	60		0	21	0	4	37	62
355	400	1350	680	400																		
400	450	1500	760	440		230	135		68		20	0	33	43	66		0	23	0	5	40	68
450	500	1650	840	480																		

Peste	Pînă la	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	M	P la ZC						
Precizia		De la 8											Pînă la 8**	Pînă la 7	3	4	5	6	7	8
		Superioare													Valori Δ, µm					
		Valori negative																		
	1	10	14				20		26	32	40	60	2	Aceleași abateri ca și pentru calitățile peste 7, dar însumate algebric cu + Δ	0	0	0	0	0	0
1	3	10	14		18		20		26	32	40	60	2		0	0	0	0	0	0
3	6	15	19		23		28		35	42	50	80	4*		1	1,5	1	3	4	6
6	10	19	23		28		34		42	52	67	97	6*		1	1,5	2	3	6	7
10	14	23	28		33		40		50	64	90	130	7*		1	2	3	3	7	9
14	18					39	45		60	77	108	150								
18	24	28	35		41	47	54	63	73	98	130	188	8*		1,5	2	3	4	8	12
24	30			41	48	55	64	75	88	118	160	218								
30	40	34	43	48	60	68	80	94	112	148	200	274	9*		1,5	3	4	5	9	14
40	50			54	70	81	97	114	136	180	242	323								
50	65	41	53	66	87	102	122	144	172	226	300	405	11*		2	3	5	6	11	16
65	80	43	59	75	102	120	146	174	210	274	360	480								
80	100	51	71	91	124	146	178	214	258	339	446	585	13*		2	4	5	7	13	19
100	120	54	79	104	144	172	210	254	310	400	527	690								
120	140	63	92	122	170	202	248	300	365	470	620	800	15*		3	4	6	7	15	23
140	160	65	100	134	190	228	280	340	415	535	700	900								
160	180	68	108	164	210	252	310	380	465	600	780	1 000								
180	200	77	122	166	236	284	350	425	520	670	880	1 150	17*		3	4	6	9	17	26
200	225	80	130	180	258	310	385	470	575	740	960	1 250								
225	250	84	140	196	284	340	425	520	640	820	1 050	1 350								
250	280	94	158	218	315	385	475	580	710	920	1 200	1 550	20*		4	4	7	9	20	29
280	315	98	170	240	350	425	525	650	790	1 000	1 300	1 700								
315	355	108	190	268	390	475	590	720	900	1 150	1 500	1 900	21*		4	5	7	11	21	32
355	400	114	208	294	435	530	660	820	1 000	1 300	1 650	2 100								
400	450	126	232	330	490	595	740	920	1 100	1 450	1 850	2 400	23*		5	5	7	13	23	34
450	500	132	252	360	940	660	820	1 000	1 250	1 500	2 100	2 600								

*) Se adună algebric cu + Δ.

**) Caz particular M 6, care în zona de dimensiuni peste 280 la 315 are $A_c = -9$ µm, (în loc de — 11 µm).

Tabelul 2.4

Toleranțe fundamentale în sistemul ISO pentru dimensiuni 500—3150 mm (STAS 8108-68)

Precizia	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mărimea toleranței	10I	16I	25I	40I	64I	100I	160I	250I	400I	640I	1000I
Toleranțe fundamentale	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Dimensiuni nominale, mm	Valori, µm						Valori, mm				
Peste 500 pînă la 630	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4
630— 800	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2,0	3,2	5,0
800—1 000	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6
1 000—1 250	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6
1 250—1 600	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5,0	7,8
1 600—2 000	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6,0	9,2
2 000—2 500	110	175	280	440	700	1 100	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0
2 500—3 150	135	210	330	540	860	1 350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5

Tabelul 2.5

Abaterile fundamentale pentru arbori și alezaje, pentru dimensiuni de 500—3150 mm după ISO (STAS 8108-68), µm

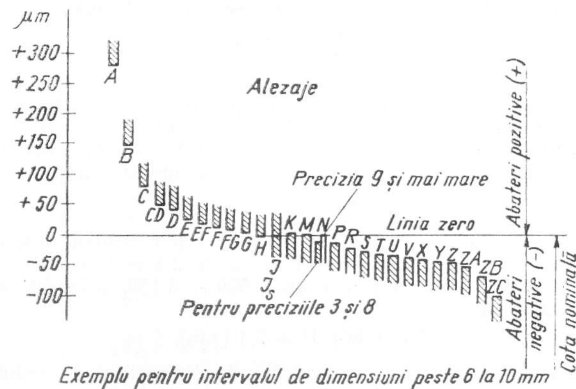
Arbori	Simbolul cîmpului de toleranță	Poziția	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u
		Precizia						6 — 16								
	Abatera fundamentală	Înscrisă în tabel	a_s					a_s a_i	a_i							
		Calculată	$a_i = a_s - IT$					—	$a_s = a_i + IT$							
		Semnul	−	−	−	−				+	+	+	+	+	+	+
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Valorile abaterilor fundamentale, µm	Dimensiuni nominale, mm	500— 560	260	145	76	22	0	$\pm \frac{1}{2} IT$	0	26	44	78	150	280	400	600
		560— 630											155	310	450	660
		630— 710	290	160	80	24	0		0	30	50	88	175	340	500	740
		710— 800											185	380	560	840
		800— 900	320	170	86	26	0		0	34	56	100	210	430	620	940
		900—1 000											220	470	680	1 050
		1 000—1 120	350	195	98	28	0		0	40	66	120	250	520	780	1 150
		1 120—1 250											260	580	840	1 300

Tabelul 2.5 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Valorile abaterilor fundamentale	Dimensiuni	1 250–1 400	390	220	110	30	0		0	48	78	140	300	640	960	1450
		1 400–1 600											330	720	1050	1600
		1 600–1 800	430	240	120	32	0		0	58	92	170	370	820	1200	1850
		1 800–2 000											400	920	1350	2000
		2 000–2 240	480	260	130	34	0		0	68	110	195	440	1000	1500	2300
		2 240–2 500											460	1100	1650	2500
		2 500–2 800	520	290	145	38	0		0	76	135	240	550	1250	1900	2900
		2 800–3 150											580	1400	2100	3200
Alezaje	Abaterea fundamentală	Semnul	+	+	+	+				–	–	–	–	–	–	–
		Înscrisă în tabel	$A_s = A_i + IT$					–	$A_i = A_s - IT$							
		Calculată	A_i					A_s A_i	A_s							
	Simbolul cîmpului de toleranță	Precizia	6–16													
		Poziția	D	E	F	G	H	J_s	K	M	N	P	R	S	T	U

se consideră cîmpul de toleranță al alezajului H și cîmpurile de toleranță ale arborilor a, b, c,... iar în sistemul arbore unitar se ia cîmpul de toleranță al arborelui h și cîmpurile de toleranță ale alezajelor A, B, C,...

În STAS 8102-68, STAS 8103-68, STAS 8109-68 și STAS 8110-68 sînt date abaterile limită pentru cîmpurile de toleranță de uz general, pentru alezaje și arbori de dimensiuni nominale pînă la 500 mm, respectiv peste 500 la 3 150 mm iar în STAS 8106-68 și STAS 8107-68 — pentru industria de mecanică fină.



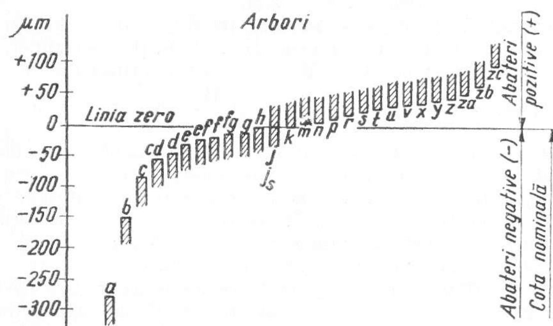


Fig. 2.6. Poziția cîmpurilor de toleranță în sistemul ISO

Sistemul alezaj unitar în general este mai economic și de aceea se aplică în toate cazurile, cu excepția acelora în care funcțional sau tehnologic este rațională folosirea sistemului arbore unitar [14, p. 19/20].

În ceea ce privește mărimea cîmpurilor de toleranță, aceasta se alege în funcție de *precizia necesară funcționării produsului finit* (nou și după un anumit grad de uzură — problemă ridicată de *fiabilitatea* produselor) — deoarece o precizie, mai ridicată decît cea necesară, va mări în mod inutil prețul de cost (care variază după o curbă hiperbolică în funcție de valoarea toleranțelor).

Sînt standardizate (în sistemul ISO) 18 *trepte de precizie* (*precizii*), notate, în ordinea descrescîndă a preciziei, cu numerele 01; 0 şi 1 pînă la 16. Toleranţele, corespunzătoare diferitelor precizii, se numesc *toleranţe fundamentale* (notate cu simbolurile IT01, ITO, ITI...IT16). Valoarea toleranţelor fundamentale pentru precizia 5 şi următoarele

$$T = ai, \tag{2.15}$$

în care a este numărul de unităţi de toleranţă (tabelul 2.1), iar i — unitatea de toleranţă care pentru dimensiunile cuprinse între 1 şi 500 mm are valoarea

$$i = 0{,}45\ \sqrt[3]{D} + 0{,}001\ D[\mu m]. \tag{2.16}$$

Pentru simplificare, dimensiunile cuprinse între 1 şi 500 mm s-au grupat în 13 intervale (pentru anumite cîmpuri de toleranţă, s-au considerat şi intervale intermediare). Pentru cele 13 intervale, s-au calculat 13 unităţi de toleranţă — conform (2.16), în care D s-a considerat media geometrică a intervalului, în milimetri. Pentru preciziile 01,0 şi 1, toleranţele fundamentale se calculează cu relaţia aproximativă

$$T = k(0{,}1 + 0{,}0025\ D)\ [\mu m], \tag{2.17}$$

în care k are valoarea 3 pentru ITO1,5 pentru ITO şi 8 pentru IT1, iar D se ia în milimetri. Toleranţele fundamentale pentru preciziile 2,3 şi 4 se iau în progresie geometrică între IT1 şi IT5. Pentru dimensiunile 500 — 3 150, preciziile 6—16, unitatea de toleranţă are valoarea

$$I = 0{,}004\ D + 2{,}1\ [\mu m], \tag{2.18}$$

în care D este media geometrică a intervalului de dimensiuni, în milimetri.

În STAS 8101-68 şi STAS 8108-68 se dau valorile toleranţelor fundamentale şi abaterilor fundamentale (v. tabelele 2.4 şi 2.5).

Simbolurile treptelor de precizie se notează imediat după simbolul cîmpurilor de toleranţă. De exemplu un alezaj cu diametrul de 10 mm, de precizie 7, corespunzător cîmpului de toleranţă H, se va nota: Ø 10 H7. Un ajustaj format din alezajul Ø 10 H7 şi arborele Ø 10 g6, se va nota sub forma Ø $10\frac{H7}{g6}$ (în sistemul alezaj unitar).

În vederea organizării, raţionalizării fabricaţiei, aprovizionării şi exploatării sculelor, dispozitivelor şi calibrelor, în scopul folosirii unui număr restrîns de dimensiuni, ajustaje şi precizii, care să acopere însă necesităţile practice, s-au standardizat şirurile de dimensiuni folosite de preferinţă în industrie — STAS 75-66, dimensiuni liniare normale, ajustajele preferenţiale şi cîmpurile de toleranţă preferenţiale — STAS 8104-68 şi STAS 8105-68, pentru dimensiuni pînă la 500 mm (tabelele 2.6 şi 2.7).

Abaterile limită ale dimensiunilor libere (care nu intră în lanţuri de dimensiuni) sînt date în STAS 2145-68; aceste abateri se trec pe desen. Abaterile limită pentru dimensiunile liniare fără indicaţii de toleranţă pe desen se dau în STAS 2300-65.

2.1.3. ABATERILE DIMENSIUNILOR UNGHIULARE

Dimensiunile unghiulare (unghiurile pieselor cu lungimea laturii mici pînă la 2 000 mm, unghiul conurilor cu lungimea axială pînă la 2 000 mm) sînt prevăzute cu abateri limită $\pm\delta/2$ simetrice (fig. 2.7) sau, în cazuri speciale, chiar cu abateri asimetrice. În STAS 7030-66 sînt standardizate 10 clase de precizie notate cu 1 pînă la 10, în ordinea descrescîndă a preciziei. (Standardul nu se referă la divizarea unghiulară a cercului sau dimensiuni unghiulare ale căror abateri sînt date în standarde speciale — de exemplu pentru unghiul filetului etc.)

Tabelul 2.6

Cîmpuri de toleranţă preferenţiale şi ajustaje preferenţiale pentru dimensiuni pînă la 500 mm (STAS 8104-68). Sistemul alezaj unitar

	H6	[H7]	[H8]	H9	H10	[H11]	H12
a			a9			[a11]	
b			b9			[b11]	b12
c		c8	c9			c11	
d		d8	[d9]	d10	d10	[d11]	
e	e7	[e8]	e9				
f	f6	[f7] f6	[f8]	f9			
g	g5	[g6]					
h	h5	[h6]	[h8] h7	h9	h10	[h11]	h12
j	j5	[j6]	j7				
k	k5	[k6]	k7				
m	m5	[m6]	m7				
n	n5	[n6]	n7				
p	p5	[p6]	p7				
r	r5	[r6]	r7				
s	s5	[s6]	s7				
t	t5	t6					
u	u5	[u6]	u7				
v	v5	v6					
x	x5	[x6]	x7				
y		y6	y7				
z		[z6]	z7				

Observaţii. S-au stabilit două şiruri preferenţiale (din care şirul 1 este încadrat).

Tabelul 2.7

Cîmpuri de toleranţă preferenţiale şi ajustaje preferenţiale pentru dimensiuni pînă la 500 mm (STAS 8105-68). **Sistemul arbore unitar**

	h6	h7	h8	h9	h11
A					A11
B					B11
D				D8	D11
E			E7		
F		F7	F8		
G	G7				
H	H7	H8	H8	H9	H11
J	J7				
K	K7				
M	M7				
N	N7				
P	P7				
R	R7				
S	S7				
U	U7				
V	V7				
Z	Z7				

Abaterile unghiulare, în special pentru unghiurile mici sau perpendicularităţi, paralelism etc., se pot da sub formă de abateri liniare, calculate cu relaţia

$$a/2 = L \text{ tg } (\delta/2), \qquad (2.19)$$

în care $\delta/2$ este abaterea unghiulară simetrică (egală cu semitoleranţa), iar $a/2$ — abaterea liniară corespunzătoare.

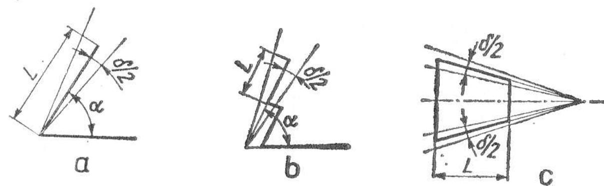


Fig. 2.7. Toleranţele dimensiunilor unghiulare:
a şi *b* — dimensiuni unghiulare; *c* — unghiul conului

2.1.4. ABATERILE DE FORMĂ GEOMETRICĂ

Forma geometrică a unei piese este definită prin *forma suprafeţei* sau *forma profilului* acesteia (obţinut prin secţionarea cu un plan oarecare). În raport cu acestea, piesa poate avea anumite abateri (abateri de formă — tabelul 2.8), care, pentru a fi asigurată funcţionarea piesei, este necesar să se încadreze în anumite limite: *abaterile limită de formă* (tabelele 2.9 şi 2.10). Se definesc:

Tabelul 2.8

Exemple de abateri de la formă şi profil (STAS 7384-66)

Abateri de la forma suprafeţei	Forma generală	Cazuri particulare
Neplanitate	Plan adiacent; Lungimea suprafeţei de referinţă; Lăţimea suprafeţei de referinţă; Abaterea de la planitate AFp; Suprafaţa efectivă	Convexitate; Concavitate
Necilindricitate	AFl; Lungimea de referinţă; Profil adiacent; Lungimea de referinţă; Abaterea profilului longitudinal AFl; Profil efectiv	Abaterea de la cilindricitate AFl; D_{max}; D_{min}; Conicitatea $= D_{max} - D_{min} = 2AFl$ / Abaterea de la cilindricitate AFl; D_{max}; D_{min}; Forma butoi $= D_{max} - D_{min} = 2AFl$ / Abaterea de la cilindricitate AFl; D_{max}; D_{min}; Forma şa $= D_{max} - D_{min} = 2AFl$ / Abaterea de la cilindricitate AFl = curbarea

Tabelul 2.8 (continuare)

Abateri de la forma profilului		Forma generală	Cazuri particulare
	Nerectilinitate	Dreapta adiacentă; Profil efectiv; Lungimea de referinţă; ΔFr	Concavitate: Dreapta adiacentă; Profil efectiv. Convexitate: Dreapta adiacentă; Profil efectiv
	Necircularitate	Profil efectiv; Cerc adiacent; Abaterea de la circularitate AFc	Poligonalitate = Abaterea de la circularitate AFc. Ovalitate = $D_{max} - D_{min} = 2AFc$; D_{max}; D_{min}; Abaterea de la circularitate AFc

Tabelul 2.9

Toleranţe de rectilinitate, planitate şi la forma dată a profilului şi a suprafeţei (STAS 7391-66)

Lungimea de referinţă, mm	Clasa de precizie I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Toleranţe, μm											
Pînă la 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
10—25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
25—60	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
60—160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
160—400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
400—1 000	2,5	4	6	16	16	25	40	60	100	160	250	400
1 000—2 500	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
2 500—6 300	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1 000
6 300—10 000	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1 000	1 600

Dimensiunile plăcii de control, mm	Numărul de pete de vopsea pe 25 × 25 mm² 28	25	22	20	16	12
	Toleranţa la planitate, mm/mm					
200 × 200	0,006/200	0,010/200	0,016/200	0,025/200	0,04/200	0,06/200
1000 × 1000	0,010/1000	0,016/1000	0,025/1000	0,06/1000	0,06/1000	0,10/1000

Tabelul 2.10

Toleranţe la circularitate şi la cilindricitate (STAS 7392-66)

Diametrul nominal, mm	Clasa de precizie I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Toleranţe, μm											
Pînă la 6	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
6—18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
18—50	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
50—120	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
120—260	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
260—500	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
500—800	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
800—1 250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
1 250—2 000	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400

Tabelul 2.11

Exemple de abateri de poziţie (STAS 7384-66)

Abatere de la paralelism APl	A; B; Lungimea de referinţă; Plan adiacent; Abaterea de la paralelism $APl=A-B$	Abatere de la poziţia nominală APp	Poziţia nominală; Abaterea de la poziţia nominală APp; Suprafaţa de referinţă; Baza de referinţă
Abatere de la perpendicularitate APd	⊥ 0,06 A; A	Abatere de la coaxialitate APc	Cilindru adiacent; Axa comună; Cilindru adiacent; Abaterile de la coaxialitate faţă de axa comună APc
Abatere de la înclinare APi	∠ 0,1 A; 10°; A	Abatere de la cocentricitate APc	Cerc adiacent; APc; Baza de referinţă

Tabelul 2.11 (continuare)

Bătaia radială ABr	Bătaia radială $ABr=a_{max}-a_{min}$; a_{min}; a_{max}; Axa de rotaţie; Lungimea de referinţă	Abatere de la simetrie APs	l; $l/2$; Abaterea de la simetrie APs
Bătaia frontală ABf	Bătaia frontală ABf la diametrul D; D; Axa de rotaţie	Abatere de la intersectare APx	⊠ 0,1 A; A

Suprafaţa reală a piesei — suprafaţa care limitează piesa.

Suprafaţa efectivă — obţinută prin măsurare.

Suprafaţa adiacentă — de aceeaşi formă cu suprafaţa prescrisă, tangentă la suprafaţa efectivă, dinspre partea exterioară piesei.

Analog se definesc: *profilul real, profilul efectiv şi profilul adiacent.*

Abaterile de formă se consideră ca distanţa maximă dintre suprafaţa efectivă, respectiv profilul efectiv, şi suprafaţa adiacentă, respectiv profilul adiacent.

2.1.5. ABATERILE DE POZIŢIE]

Abaterile de la poziţia corectă (tabelul 2.11)a diferitelor elemente geometrice (suprafeţe, axele suprafeţelor, profiluri, plane de simetrie etc.) se iau în raport cu anumite *baze de referinţă* sau în raport cu *poziţia nominală* a acestora. Se definesc:

Abaterile limită de poziţie— valorile maxime admise (pozitive sau negative) ale abaterilor de poziţie.

Toleranţa de poziţie — determinată de abaterile limită de poziţie.

Toleranţa de poziţie independentă — cînd mărimea toleranţei este determinată numai prin abaterile limită.

Toleranţa de poziţie dependentă (marcată prin *M* încercuit) — cînd mărimea toleranţei este determinată, în afară de valorile prescrise pentru această toleranţă, şi de abaterile dimensionale efective ale altor elemente ale aceleiaşi piese.

În tabelele 2.12—2.14 se dă valoarea toleranţelor (după STAS 7393-66 şi STAS 7394-66) iar în tabelul 2.15 se dă precizia de formă şi poziţională obţinută la prelucrări pe maşini-unelte.

Tabelul 2.12

Toleranţe la paralelism şi la perpendicularitate (STAS 7393-66)

Lungimea de referinţă, mm	Clasa de precizie											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Toleranţe, µm											
Pînă la 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
10—25	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
25—60	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
60—160	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
160—400	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
400—1000	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
1000—2500	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1 000
2500—6300	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1 000	1 600
6300—10000	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1 000	1 600	2 500

Tabelul 2.13

Toleranţele bătăii radiale (STAS 7394-66)

Dimensiuni nominale, mm	Clasa de precizie											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Toleranţe, µm											
Pînă la 6	—	—	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
6—18	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
18—50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
50—120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
120—260	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
260—500	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
500—800	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
800—1250	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1 000
1250—2000	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1 200

Tabelul 2.14

Toleranţa bătăii frontale (STAS 7394-66)

Diametrul frontal, mm	Clasa de precizie											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Toleranţe, µm											
Pînă la 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
10—25	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
25—60	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
60—160	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
160—400	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
400—1000	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
1000—2500	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1 000
2500—6300	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1 000	1 600
6300—10000	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1 000	1 600	2 500

Tabelul 2.15

Precizia economică de formă şi poziţie, la prelucrarea pe maşini-unelte (după A. I. Kaşirin şi B. S. Balakşin)

Maşina-unealtă	Abateri, mm		
Strunguri cu înălţimea vîrfurilor de:	Ovalitate:	Conicitate (la lungimea de 300 mm):	Convexitatea părţii frontale:
– pînă la 180 mm	0,005	0,01	0,02
– pînă la 400 mm	0,01	0,02	0,02
Strunguri revolver şi automate	Ovalitate: 0,01	Conicitate (la lungimea de 300 mm): 0,03	Convexitate: 0,02
Maşini de rabotat	Planitate: 0,02 la 1 000 mm	Perpendicularitate: 0,02 la 500 mm	–
Maşini de găurit verticale, cu coloană	Devierea axei găurii de la perpendicularitatea pe suprafaţa mesei: 0,02 la 300 mm	–	–
Maşini de alezat	Neparalelismul axelor: 0,015–0,03, la lungimea de 300 mm, la o singură aşezare 0,02–0,05, la cîteva aşezări	Neperpendicularitatea axelor 0,02–0,03 la lungimea de 300 mm	–
Maşini de frezat orizontale şi verticale	Neregularitatea planului orizontal la finisare: 0,020–0,045	Neparalelismul planului de bază: 0,025–0,05 la lungimea de 100 mm	–
Maşini de rectificat rotund	Ovalitate: 0,005	Rectilinitate: 0,01–0,02 la lungimea de 1000 mm	–
Maşini de rectificat plan	–	De la suprafaţa plană: la maşini mici 0,01 pentru lungimea de 1 000 mm iar la maşini mari 0,025–0,05	–

2.2. LANŢURI DE DIMENSIUNI LINIARE PARALELE ŞI LANŢURI DE DIMENSIUNI UNGHIULARE CU VÎRF COMUN

2.2.1. GENERALITĂŢI

Prin lanţ de dimensiuni se înţelege un şir de dimensiuni, liniare (fig. 2.8) sau unghiulare (fig. 2.9), care formează un contur închis.

După legătura care o au, se disting: lanţuri de dimensiuni *simple* (fig. 2.8,*b*), lanţuri de dimensiuni *complexe*- cînd mai multe lanţuri de dimensiuni sînt legate între ele: în paralel (fig. 2.10), în serie (fig. 2.11) sau mixt (fig. 2.12). Lanţurile de dimensiuni complexe în paralel au unul sau mai multe *elemente comune*; lanţurile de dimensiuni complexe în serie sînt astfel legate încît un lanţ oarecare formează o bază de plecare pentru lanţul următor.

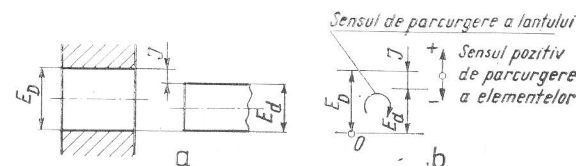


Fig. 2.8. Lanţ de dimensiuni liniare paralele: *a* – elementele lanţului; *b* – lanţul de dimensiuni

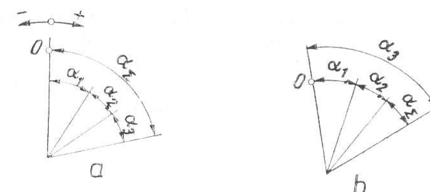


Fig. 2.9. Lanţuri de dimensiuni unghiulare cu vîrf comun

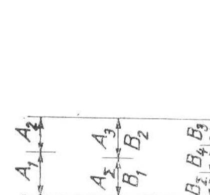


Fig. 2.10. Lanţuri de dimensiuni legate în paralel

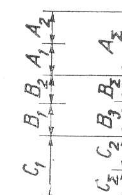


Fig. 2.11. Lanţuri de dimensiuni legate în serie

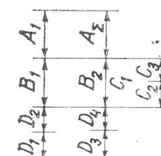


Fig. 2.12. Lanţuri de dimensiuni legate mixt

Mărimile E_D, E_d şi J (fig. 2.8, *b*) şi α_1, α_2, α_3 şi α_Σ (fig. 2.9) se numesc *elementele* (verigile) lanţului de dimensiuni; elementele E_D, E_d, respectiv α_1, α_2, α_3 sînt *elemente componente*.

iar elementul J, respectiv α_Σ — *elemente de închidere (rezultante)*. Este important de a se stabili, de la început, funcțiunea fiecărui element: component sau rezultant (într-un lanț de dimensiuni există un singur element rezultant).

Pentru stabilirea ecuației lanțului de dimensiuni, se adoptă un sens oarecare de parcurgere a lanțului de dimensiuni și un punct de plecare (de exemplu punctul O din fig. 2.8) și se admite un sens pozitiv de parcurgere a elementelor. Pentru fig. 2.8,*b* și 2.9 se găsește:

$$E_D - J - E_d = 0,\ \alpha_\Sigma - \alpha_3 - \alpha_2 - \alpha_1 = 0, \text{ respectiv } \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_\Sigma - \alpha_3 = 0.$$

Deoarece este vorba de *ecuația lanțului de dimensiuni* *), ordonarea termenilor se face după rolul lor funcțional: elementele componente într-un membru, iar elementul rezultant în celălalt:

$$J = E_D - E_d;\ \alpha_\Sigma = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3;\ \alpha_\Sigma = \alpha_3 - \alpha_1 - \alpha_2.$$

Aceasta este o metodă de stabilire a ecuației lanțului de dimensiuni.

Cele trei ecuații pot fi scrise sub forma generală

$$R = A_1X_1 + A_2X_2 + \dots + A_nX_n = \sum_j A_jX_j, \tag{2.20}$$

în care A_j se numește *coeficient de transmitere*. În cazul considerat (lanț de dimensiuni liniare paralele sau lanț de dimensiuni unghiulare cu vîrf comun), A_j are valoarea $+1$ (cînd creșterea elementului component mărește elementul rezultant, adică este vorba de un element măritor), sau -1 (cînd creșterea elementului component micșorează elementul rezultant, adică este vorba de un element reducător).

Luînd în considerare (2.20), se deduce a doua metodă de stabilire a ecuației lanțului de dimensiuni: după scrierea ecuației sub forma generală, urmează găsirea valorii coeficientului A_j și semnului acestuia (urmărindu-se cum influențează creșterea elementului component respectiv asupra elementului rezultant, ca valoare și semn). Această metodă se utilizează mai ales în cazul rezolvării lanțurilor de dimensiuni cu elemente unghiulare care nu au un vîrf comun (v. fig. 2.16).

În cazul rezolvării lanțurilor de dimensiuni, după scopul urmărit, se pun două probleme: *problema directă* — se cunosc elementele componente și se calculează elementul rezultant și *problema indirectă* sau *calculul de proiectare* — calculul elementelor componente, cînd se cunoaște elementul rezultant.

2.2.2. PROBLEMA DIRECTĂ

Metoda de maxim și minim. Se va considera cazul lanțurilor de dimensiuni liniare paralele (v. fig. 2.8,*b*) sau al lanțurilor de dimensiuni unghiulare cu vîrf comun (v. fig. 2.9). Fie, de exemplu, de rezolvat lanțul de dimensiuni

$$R = X_1 - X_2 + X_3 - X_4.$$

*) În teoria toleranțelor, s-a convenit ca rolul funcțional al diferitelor dimensiuni să fie scos în evidență prin termenul *dimensiune;* de exemplu, ecuații de dimensiuni, algebra dimensiunilor etc. [20].

Se găsesc:

$$R_{max} = X_{1\,max} - X_{2\,min} + X_{3\,max} - X_{4\,min};$$
$$R_{min} = X_{1\,min} - X_{2\,max} + X_{3\,min} - X_{4\,min}. \tag{2.21}$$

Metoda algebrică. În cazul aplicării algebrei dimensiunilor (la care se găsește acelaș i rezultat ca și la metoda de maxim și minim), se pleacă de la observația că dimensiunile tolerate, simbolizate sub forma (2.8), reprezintă două sume neefectuate, de forma (2.6). Ca urmare, calculul se face pentru cele două sume neefectuate (în legătură cu abaterea superioară și abaterea inferioară). De exemplu:

$$R = 10^{+0,2}_{-0,1} + 5^{-0,1}_{-0,2} = (10 + 5)^{+0,2-0,1}_{-0,1-0,2} = 15^{+0,1}_{-0,3}.$$

În cazul unor dimensiuni ce se scad, se vor schimba semnele atît ale valorii nominale, cît și ale abaterilor, și se vor inversa abaterile (pentru a respecta convenția că abaterile superioare sînt în legătură cu limita maximă, iar abaterile inferioare — în legătură cu limita minimă). În cazul general

$$R = (N_1)^{+A_{s1}}_{+A_{i1}} + (N_2)^{+A_{s2}}_{+A_{i2}} - \left[(N_3)^{+A_{s3}}_{+A_{i3}}\right] =$$

$$= (N_1)^{+A_{s1}}_{+A_{i1}} + (N_2)^{+A_{s2}}_{+A_{i2}} - (N_3)^{-A_{i3}}_{-A_{s3}} =$$

$$= (N_1 + N_2 - N_3)^{+A_{s1}+A_{s2}-A_{i3}}_{+A_{i1}+A_{i2}-A_{s3}} = (N_R)^{+A_{sR}}_{+A_{iR}},$$

unde:

$$N_R = N_1 + N_2 - N_3;\ A_{sR} = A_{s1} + A_{s2} - A_{i3};\ A_{iR} = A_{i1} + A_{i2} - A_{s3}.$$

Se observă că

$$T_R = A_{sR} - A_{iR} = (A_{s1} - A_{i1}) + (A_{s2} - A_{i2}) + (A_{s3} - A_{i3}) = T_1 + T_2 + T_3$$

sau

$$T_R = \sum_j T_j, \tag{2.22}$$

adică toleranța elementului rezultant este egală cu suma toleranțelor elementelor componente. Datorită acestui fapt, pentru stabilirea toleranței unui element component, nu este permis a se separa elementul respectiv într-unul din membri. Soluția găsită este falsă! În realitate, toleranța elementului component constituie o valoare componentă a toleranței elementului rezultant.

Metoda probabilistică. Datorită faptului că nu toate dimensiunile vor fi executate la maxim sau minim, rezolvarea lanțului de dimensiuni se poate face pe baza calculului probabilistic.

Fie lanțul de dimensiuni $R = \sum_j A_j X_j$. Se găsește [21]:

$$\left.\begin{aligned} N_R &= \Sigma A_j N_j;\; T_R = (k_e/k_R)\sqrt{\sum_j A_j^2 k_j^2 T_j^2};\\ A_{sR} &= X_{cR} + 0,5\; T_R;\; A_{iR} = X_{cR} - 0,5\; T_R,\\ X_{cR} &= \sum_j A_j(X_{cj} + 0,5\;\alpha_j T_j) \end{aligned}\right\} \quad (2.23)$$

sau

$$R = \left(\sum_j A_j N_j\right)^{+\Sigma A_j(X_{cj}+0,5\alpha_j T_j)+0,5(k_e/k_R)\sqrt{\sum_j A_j^2k_j^2T_j^2}}_{+\Sigma A_j(X_{cj}+0,5\alpha_j T_j)-0,5(k_e/k_R)\sqrt{\sum_j A_j^2k_j^2T_j^2}} \quad (2.24)$$

unde $T_{R,j}$ este toleranța elementului rezultant, respectiv a elementului component de ordin j; A_j — coeficientul de transmitere al elementului j; $k_{j,R}$ — coeficientul de împrăștiere relativă a curbei de distribuție a dimensiunii j, respectiv R; k_e — coeficientul de eficiență [9], care depinde de stadiul condițiilor de reproducere în practică a presupunerilor teoretice (cu cît lotul lunar de fabricație este mai mare, cu atît k_e crește, tinzînd către unitate) — tabelul 2.16 [19]; α_j — coeficientul de asimetrie al elementului j; $X_{c\,j,R}$ — coordonata mijlocului cîmpului de toleranță al elementului j, respectiv R.

Tabelul 2.16

Valoarea coeficientului de eficiență k_e [9]

Mărimea lotului	10	20	50	100	200	500	1 000	∞
k_e	1,45	1,32	1,20	1,14	1,10	1,06	1,04	1,00

Valorile α_j și k_j se iau din tabelul 2.17; atunci cînd nu se cunoaște curba de distribuție, se consideră cazul distribuției uniforme (dreptunghi). În ceea ce privește k_j, se observă că: 1) suma a două mărimi întîmplătoare avînd fiecare distribuția după legea distribuției uniforme are o distribuție după legea triunghiului isoscel (Simpson); 2) suma a trei sau mai multe mărimi întîmplătoare avînd fiecare distribuția după legea distribuției uniforme se apropie de o distribuție rezultantă după legea distribuției normale (Gauss-Laplace); 3) suma a două sau mai multe mărimi întîmplătoare avînd fiecare distribuția după legea triunghiului isoscel (Simpson) se apropie de distribuția normală (Gauss-Laplace); 4) suma mărimilor întîmplătoare avînd fiecare distribuția după legea de împrăștiere normală (Gauss-Laplace) are o distribuție după legea normală (Gauss-Laplace).

Pentru cazul cînd distribuția abaterilor elementului de închidere are o împrăștiere după legea de distribuție normală, cu procentul de risc 0,27%, atunci $k_R = 1$; pentru alte valori ale procentului de risc, se iau valorile lui k_R din tabelul 2.18 [44].

Tabelul 2.17

Valorile coeficienților de asimetrie relativă α_j și de împrăștiere relativă k_j pentru diferite legi de repartiție

Caracteristicile legii de distribuție	Schița curbei de distribuție	Parametrii curbei de distribuție			Coeficienții		Observații
Legea de distribuție normală (curba lui Gauss) care coincide cu cîmpul de toleranță ($T_j = \pm 3\sigma_j$)					α_j 0	k_j 1	σ_j — abaterea medie pătratică T'_j — jumătatea cîmpului de toleranță
Curba de distribuție normală care iese simetric în afara ambelor limite ale cîmpului de toleranță		$\frac{a}{2}$ 1 3 5 10	$\frac{h_1}{h_2}$ 0,07 0,17 0,26 0,44		α_j 0 0 0 0	k_j 1,21 1,26 1,44 1,55	$\frac{a}{2}$ — rebutul neremaniabil %
Curba de distribuție care depășește numai într-o parte cîmpul de toleranță		b 5 10 25 50	$\frac{h_1}{h_2}$ 0,26 0,44 0,80 1	μ + 0,29 + 0,40 + 0,64 + 1	α_j + 0,25 + 0,31 + 0,40 + 0,47	k_j 1,17 1,18 1,20 1,21	b — rebut remaniabil %

Tabelul 2.17 (continuare)

Caracteristicile legii de distribuție	Schița curbei de distribuție	Parametrii curbei de distribuție			Coeficienții		Observații
Legea triunghiului isoscel (legea lui Simpson)					α_j	k_j	
					0	1,22	
Legea probabilității egale (distribuție uniformă)					α_j	k_j	
					0	1,73	
Compunerea legii lui Gaus și a legii uniforme		$l'/3\sigma$			α_j	k_j	l' și σ sînt parametrii legilor componente
		2/3 1 2 3			0 0 0 0	1,10 1,19 1,38 1,49	
Distribuția uniformă crescîndă (reprezentată continuu) sau a legii accelerate (reprezentată întrerupt)		n			α_j	k_j	n este exponentul parabolei aproximative $x = f(t)$
		2 3 5			+ 0,33 + 0,50 + 0,67	1,41 1,16	
Compunerea legii lui Gauss și a distribuției uniform crescînde (reprezentată continuu) sau a legii accelerate (reprezentată întrerupt)		n	$l/3\sigma$		α_j	k_j	
		2 2 5 5	1 3 1 3		+ 0,19 + 0,29 + 0,45 + 0,63	1,03 1,21 0,77 0,75	
Legile de distribuție a mărimilor esențial pozitive: În cazul unei dispersii inițiale pe o singură dimensiune		μ	$\sigma/M(s)$		α_j	k_j	μ este deplasarea față de origine a modulului distribuției inițiale
		0,5 1 2,0	0,74 0,69 0,48		− 0,46 − 0,38 − 1,16	1,22 1,27 1,21	
În cazul unei dispersii inițiale pe două dimensiuni (curba lui Maxwell)					α_j	k_j	
					− 0,28	1,14	
Distribuții antimodale: Formată din segmente de dreaptă					α_j	k_j	
					0	2,12	
Formată din ramuri ale curbei lui Gauss					α_j	k_j	
					0	2,28	

Tabelul 2.17 (continuare)

Caracteristicile legii de distribuție	Schița curbei de distribuție	Parametrii curbei de distribuție			Coeficienții		Observații
Legea arc-sinusului (sau arc-cosinusului)					α_j	k_j	
					0	2,12	
Distribuție simetrică cu mai multe maxime în cazul amestecării mai multor loturi de piese		n	F_{2-3}/F_1	$\alpha_j/3\alpha_j$	α_j	k_j	F_j este mărimea loturilor componente; n — numărul de loturi componente
		3	1/4	1	0	1,0	
		3	1/3	1	0	1,07	
		3	1/2	1	0	1,17	
		3	1/4	2/3	0	0,92	
		3	1/2	3/4	0	10,7	
Distribuție simetrică cu mai multe maxime în cazul amestecării mai multor loturi de piese		n	F_{2-3}/F_1	$\alpha_j/3\sigma_j$	α_j	k_j	Idem
		2	1	2	0	1,58	
		2	1	1	0	1,20	
		3	1	2	0	1,68	
		3	1	1	0	1,33	
Distribuția schematică simetrică, în cazul unui număr mare de loturi de piese: Modală		b_j/T_j	h_1/h_2		α_j	k_j	
		1/2	1/2		0	1,54	
		1/2	0		0	1,26	
		1	0		0	1,37	
		3/2	0		0	1,52	
		1	1/2		0	1,57	
Antimodală		h_1/h_2	b_j/T'_j		α_j	k_j	
		2	1		0	1,92	
		2	0		0	1,87	
		3	1		0	2,03	
		3	0		0	1,94	
Distribuție nesimetrică, cu un singur maxim, în cazul amestecării cîtorva loturi de piese		n	T_j/T_1	$\alpha_j/3\sigma_j$	α_j	k_j	Semnificația notațiilor ca la distribuția cu mai multe maxime
		2	1/4	2/3	+ 1,15	0,96	
		2	1/4	1	+ 0,20	1,03	
		2	1/3	1	+ 0,17	1,09	
		2	1/2	1	+ 0,11	1,15	
		3	1/4	1	+ 0,25	1,25	
Distribuție nesimetrică schematizată, în cazul amestecării unui număr mare de loturi de piese		b_j/T'_j	h_1/h_2		α_j	k_j	
		1/2	0		+ 0,30	1,41	
		1	0		+ 0,22	1,44	
		3/2	0		+ 0,12	1,55	
		0	1/2		+ 0,1	1,77	
		0	1/3		+ 0,22	1,75	

Tabelul 2.17 (continuare)

Caracteristicile legii de distribuţie	Schiţa curbei de distribuţie	Parametrii curbei de distribuţie			Coeficienţii		Observaţii
		n	$F_{1,2}/F_3$	$\alpha_j/3\sigma_j$	α_j	k_j	
Distribuţie antimodală cînd se amestecă trei loturi de piese		3 3	2 3	1 1	0 0	1,43 1,47	Idem
Distribuţie cu maxim ascuţit, în cazul cînd împrăştierea variabilă descreşte		$\frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$	l_s/σ_0	n	α_j	k_j	l_s este intervalul de variaţie a lui σ σ_o — valoarea lui σ în centrul intervalului
Acelaşi lucru, în cazul cînd se amestecă loturi de piese		1/9 3/7 1/4 1/4 1/2	0,8 0,4 — — —	 3 2 2	0 0 0 0 0	0,80 0,84 0,86 0,75 0,79	
Distribuţie în cazul cînd împrăştierea variabilă creşte		$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{min}}$	$\frac{a}{2}$	n	α_j	k_j	$\frac{a}{2}$ este rebutul neremaniabil, %
Acelaşi lucru, în cazul cînd se amestecă loturi de piese		9 7/3 4 4	14,5 14,0 14,5 12	 2 3	0 0 0 0	1,37 1,54 1,31 1,38	

Tabela 2.18

Valoarea coeficientului de împrăştiere relativă k_R [28]

Procentul de risc	0,02	0,05	0,1	0,2	0,27	0,5	1,0	1,5	2	3	4	5	6	8	10
k_R	0,81	0,86	0,91	0,97	1,00	1,06	1,16	1,23	1,29	1,38	1,46	1,52	1,60	1,71	1,82

Relaţia a doua din (2.23) arată că

$$T_R < \sum_j T_j, \qquad (2.25)$$

cu alte cuvinte, dacă se comapară cu valoarea toleranţei elementului rezultant dată de (2.22), rezultă că, în cazul metodei probabilistice, se pot mări toleranţele elementelor componente — ceea ce face ca metoda să fie, în anumite cazuri, mai economică.

Datorită măririi toleranţelor componente, apare un coeficient de risc — adică se va putea întîmpla ca piese considerate ca bune la fabricaţie să fie necorespunzătoare la montaj; apare oarecum o deplasare a apariţiei pieselor necorespunzătoare, de la fabricaţie la montaj. Piesele finite (pentru montaj) fiind mai scumpe, alegerea uneia sau alteia din metodele de rezolvare a lanţurilor de dimensiuni va trebui să rezulte dintr-un calcul economic.

Metoda sortării. În cazul cînd elementele de închidere trebuie să aibă o toleranţă mică, rezultă pentru elementele componente toleranţe mici (neeconomice). În acest caz, se poate mări toleranţa elementelor componente de exemplu de n ori (valoarea lui n se va alege cît mai mică posibil, în cadrul toleranţelor economice) iar, după execuţia pieselor, se va face sortarea pieselor în n grupe (în fiecare grupă, piesele vor avea toleranţa prescrisă iniţial). La montare, se vor asambla piesele din aceeaşi grupă de sortare, astfel încît, pînă la urmă, elementul de închidere rezultă la toleranţa funcţională prescrisă iniţial. Este de observat că, pentru ca în fiecare grupă de sortare să rezulte acelaşi număr de piese ca la piesele conjugate, este necesar să existe aceeaşi curbă de distribuţie pentru diferitele repere. De asemenea, este de preferat ca toate piesele componente ale lanţului să aibă aceeaşi toleranţă — astfel încît, la montaj, să rezulte pentru toate grupele de piese jocuri sau strîngeri maxime şi minime egale.

Metoda se aplică în cazul lanţurilor cu un număr mic de elemente componente.

Metoda ajustării. Dacă elementul de închidere are o toleranţă mică, se poate da o toleranţă mare (economică) elementelor componente, iar la montaj se prevede ajustarea unuia din elementele componente (*element compensator*), dinainte prescris, astfel încît elementul de închidere să rezulte în limitele admise. Mărimea elementului compensator este astfel stabilită, încît să rezulte întotdeauna un adaus de prelucrare a acestuia, iar mărimea adausului să fie cît mai mică.

Metoda reglării. Această metodă diferă de cea anterioară, prin aceea că *elementul de compensare*, în loc să fie ajustat, poate fi modificat ca valoare. Modificarea se face: cu element compensator *mobil* (prin deplasarea unei piese) sau cu element compensator *fix* (cînd elementul respectiv se execută de mărimi diferite şi se alege mărimea care satisface precizia prescrisă lanţului de dimensiuni rezultat).

Metoda reglării este, în general, mai economică decît metoda ajustării (şi mai precisă).

2.2.3. CALCULUL DE PROIECTARE (PROBLEMA INDIRECTĂ)

Metoda algebrică. Pentru găsirea elementelor componente, atunci cînd se cunoaşte elementul rezultant, este necesar să se introducă o anumită condiţie în plus (deoarece în cazul general, problema este nedeterminată); de exemplu: toate elementele să fie în aceeaşi treaptă de precizie. În acest caz, ţinînd seama de relaţia (2.15), se ia $a_j = a = \text{const}$. Considerînd şi expresia unităţii de toleranţă (2.16) şi relaţia (2.22), rezultă (pentru precizia 5 şi următoarele):

$$a = T_R / \sum_j (0{,}45 \sqrt[3]{X_{mj}} + 0{,}001\ X_{mj}), \tag{2.26}$$

unde X_{mj} este valoarea medie (geometrică) a intervalului de dimensiuni în care se găseşte elementul component X_j. O dată cunoscut a din tabelul 2.1, se determină treapta de precizie şi, corespunzător acesteia, se iau toleranţele diferitelor elemente componente.

Metoda probabilistică. Luînd, ca şi anterior, $a_j = a = \text{const}$ şi considerînd relaţia 2-a din expresiile (2.23), se găseşte

$$a = k_R T_R / k_e A_j k_j \sqrt{\sum_j (0{,}45 \sqrt[3]{X_{mj}} + 0{,}001\ X_{mj})}. \tag{2.27}$$

Metoda aproximativă. Se poate repartiza toleranţa elementului rezultant diferitelor elemente componente, în mod egal sau (preferabil) proporţional cu mărimea elementelor. În toate cazurile, urmează o verificare a lanţului de dimensiuni găsit.

2.2.4. CORELAŢIA DINTRE PROIECTARE ŞI TEHNOLOGIE [14]

La proiectarea unui produs finit se iau în considerare: funcţionarea produsului şi tehnologia pentru executarea produsului (ţinîndu-se seama, bineînţeles, de latura economică). Din punct de vedere funcţional, produsul proiectat trebuie să îndeplinească anumite condiţii legate de buna funcţionare; din punct de vedere tehnologic, produsul proiectat este necesar să permită un proces tehnologic simplu, productiv, economic, în condiţii de muncă admise (securitatea muncii). Cei doi factori, funcţional şi tehnologic nu pot fi separaţi; dar legătura dintre factorul funcţional şi cel tehnologic nu trebuie înţeleasă în sensul unei concesii pe care funcţionarea (respectiv condiţiile tehnice) o face tehnologiei. Proiectantul urmăreşte respectarea bunei funcţionări, dar ţine seama şi de procesul tehnologic: reper forjat, turnat etc.; tipizare; sistemul de ajustaje; materialul (dacă este aşchiabil); amplasarea diferitelor orificii pe aceeaşi parte (dacă este permis funcţional); separarea unor repere complicate etc. O dată reperul conceput, cotarea acestuia se face numai funcţional.

Pe baza desenului produsului finit, tehnologul elaborează procesul tehnologic, cu desenele tehnologice (planul de operaţii). Cînd este posibil, se caută ca bazele tehnologice să corespundă cu bazele funcţionale; acolo unde nu este posibil, va schimba baza de cotare şi va calcula dimensiunile tehnologice compatibile cu dimensiunile funcţionale — astfel, ca pînă la urmă, produsul să rezulte la dimensiunile prescrise de proiectant.

Fie, de exemplu, produsul finit din fig. 2.13, *a* (cu lanţul de dimensiuni funcţional dat în fig. 2.13, *b*). Executarea operaţiei de frezare se face conform desenului tehnologic din fig. 2.14, *a* (cu lanţul de dimensiuni tehnologic dat în figura 2.14, *b*). Dimensiunea tehnologică X se va calcula astfel încît să *rezulte* dimensiunea funcţională prescrisă de

proiectant (care va trebui să se pună la rezultat): $30_{-0,1} - X = 10^{+0,2}$. Se găseşte, prin metoda algebrică: $-X = -20^{+0,2}_{+0,1}$, adică $X = 20^{-0,1}_{-0,2}$ Prin metoda probabilistică (considerînd de exemplu distribuţie normală, adică $k_{R,j} = 1$, $\alpha_{R,j} = 0$): $30 - N_x = 10$, deci $N_x = 20$; $0{,}2 = \sqrt{0{,}1^2 + T_x^2}$, deci $T_x = 0{,}173$; $0{,}1 = 0{,}05 - X_{cx}$, adică $X_{cx} = -0{,}15$; $A_{sx} = -0{,}15 + 0{,}5 \cdot 0{,}173 \approx -0{,}063$; $A_{ix} = -0{,}15 - 0{,}5 \cdot 0{,}173 \approx -0{,}236$; rezultă $X = 20^{-0,063}_{-0,236}$. Comparînd cu metoda algebrică, se observă că s-a găsit pentru X o toleranţă mai mare — ceea ce este mai economic.

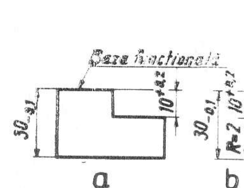


Fig. 2.13. Cîteva cote ale desenului produsului finit:
a — produsul finit; *b* — lanţ de dimensiuni funcţional

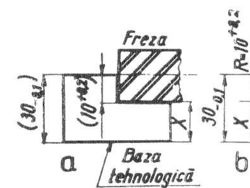


Fig. 2.14. Desenul tehnologic:
a — operaţia de prelucrare;
b — lanţ de dimensiuni tehnologice

Comparînd desenul produsului finit cu desenul tehnologic, se observă că se deosebesc: lanţuri de dimensiuni funcţionale şi lanţuri de dimensiuni tehnologice, baza de cotare funcţională şi baza de cotare tehnologică, cote funcţionale şi cote tehnologice, toleranţe funcţionale şi toleranţe tehnologice. Toate celelalte clasificări se reduc, pînă la urmă, la aceste două categorii de elemente.

2.3. ALTE TIPURI DE LANŢURI DE DIMENSIUNI

Lanţuri de dimensiuni liniare neparalele. Pentru rezolvarea lanţului de dimensiuni, se proiectează toate elementele pe direcţia elementului rezultant. De exemplu în cazul fig. 2.15, *a* se găseşte: $R = X_1 \cos(90° - \alpha) + X_2 \cos\alpha$.

Valorile $\cos(90° - \alpha)$ şi $\cos\alpha$ joacă rolul coeficienţilor de transmitere, astfel că, pentru un caz general, se poate scrie

$$R = A_1 X_1 + A_2 X_2 + \ldots + A_n X_n = \sum_j A_j X_j, \tag{2.28}$$

unde A_j are valoarea cosinusurilor unghiulare pe care le închid elementele componente cu direcţia elementului rezultant, iar semnul se ia după cum X_j este un element măritor sau reducător (de exemplu, dacă se dă o creştere ΔX_1 elementului X_1 şi se observă că R creşte, A_j va fi pozitiv — fig. 2.15, *b*).

Rezolvarea lanţului (2.28) se face conform metodei algebrice sau metodei probabilistice.

Lanţuri de dimensiuni unghiulare, fără vîrf comun. Se va considera exemplul din fig. 2.16 [44]. Se scrie:

$$R = A_1\beta_1 + A_2\beta_2 + A_3\beta_3 + A_4\beta_4 + A_5\beta_5, \qquad (2.29)$$

unde β_1 este neparalelismul dintre axa de rotaţie a arborelui principal şi axa alezajelor pentru lagărele arborelui principal; β_2 — neparalelismul dintre axa alezajelor pentru

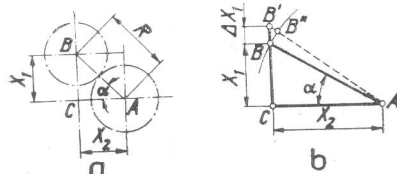


Fig. 2.15. Lanţ de dimensiuni liniare neparalele:

a — lanţul de dimensiuni; *b* — stabilirea semnului lui A_1

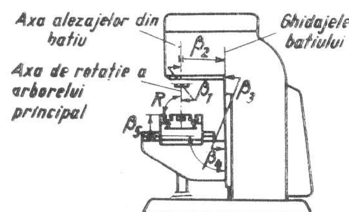


Fig. 2.16. Lanţ de dimensiuni unghiulare fără vîrf comun

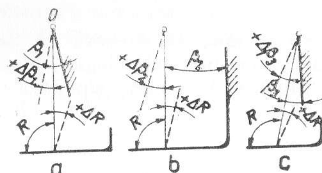


Fig. 2.17. Stabilirea semnului pentru A_1, A_2 şi A_3:

a — pentru A_1; *b* — pentru A_2; *c* — pentru A_3

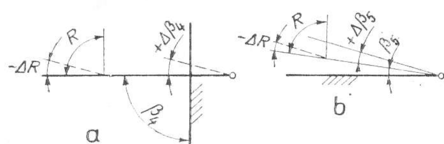


Fig. 2.18. Stabilirea semnului lui A_4 şi A_5

a — pentru A_4; *b* — pentru A_5

lagărele arborelui principal şi ghidajele batiului; β_3 — nerectilinitatea ghidajelor batiului; β_4 — neperpendicularitatea dintre ghidajele consolei, în secţiunea verticală; β_5 — neparalelismul dintre suprafaţa de lucru a mesei şi sania de ghidare transversală.

Considerîndu-se un vîrf convenţional al unghiurilor β_1, β_2, şi β_3 în partea de sus a maşinii (fig. 2.17), iar pentru unghiurile β_4 şi β_5 în partea din spate a maşinii (fig. 2.18), se obţine:

$A_1 = A_2 = A_3 = +1$; $A_4 = A_5 = -1$. Lanţul de dimensiuni devine:

$$R = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 - \beta_4 - \beta_5.$$

Valorile toleranţelor T_j şi ale coeficienţilor α_j şi k_j se vor lua din tabelul 2.19 [28].

Lanţuri de dimensiuni cu abateri variabile. Fie lanţul de dimensiuni X_1, X_2 şi R (fig. 2.19). Elementul component X_2 (notat, pentru generalizare, cu X) depinde de modulul excentricităţii Y şi de direcţia θ a acesteia. Deoarece Y şi θ sînt mărimi întîmplătoare

(în funcţie de felul cum a fost montată bucşa *2*), rezultă că mărimea X va avea un modul şi un semn întîmplător. Rezolvarea se face pe baza teoriei probabilităţilor — în legătură cu valoarea medie şi dispersia produsului dintre mărimi întîmplătoare [5], [14, p. 460]. În tabelul 2.20 [5] se dau relaţiile de calcul.

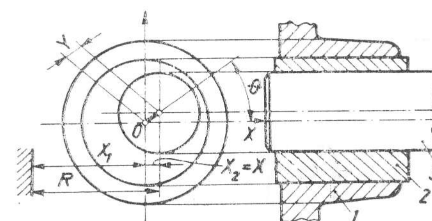


Fig. 2.19. Lanţ de dimensiuni cu abateri variabile

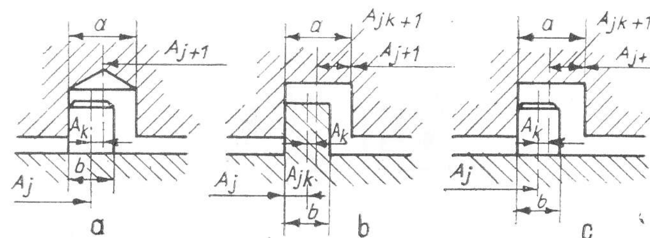


Fig. 2.20. Lanţuri de dimensiuni la jocuri de îmbinare

Lanţuri de dimensiuni cu abateri dependente. În cazul prelucrării împreună a mai multor piese (de exemplu fixate în acelaşi dispozitiv sau pe aceeaşi masă magnetică, cînd distanţa dintre masa magnetică şi discul abraziv face să apară abateri dependente) sau prelucrării unei piese cu un grup de scule (cînd abaterile dimensionale dintre treptele de prelucrare sînt într-o anumită dependenţă) este necesar să se ţină seama, la rezolvarea lanţurilor de dimensiuni, de relaţiile din teoria probabilităţilor în legătură cu mărimile întîmplătoare corelate, într-o anumită relaţie de dependenţă (v. tabelul 2.20[5]).

Se deosebesc: abateri *dependente uniforme* (cînd la o valoare bine precizată a unei abateri rezultă valori bine determinate pentru abaterile corelate) şi abateri *dependente multiforme* (cînd la o valoare bine precizată a unei abateri rezultă o distribuţie de valori pentru abaterile corelate).

Lanţuri de dimensiuni cu elemente deformate. În cazul cînd intervin forţe şi temperaturi care produc deformaţii, în general, este vorba de abateri dependente. Ca urmare, se rezolvă analog ca în cazul precedent.

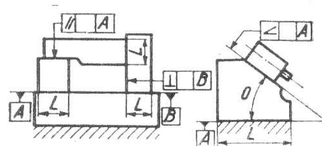
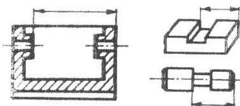
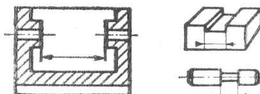
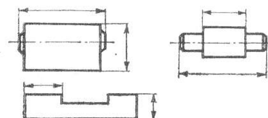
Numărul lanţurilor de dimensiuni rezolvate într-un proiect. Orice piesă, considerată ca un solid rigid, liber, are şase grade de libertate. Ca urmare, pentru determinarea poziţiei unei piese, vor fi necesare şase coordonate independente, luate faţă de trei plane reciproc perpendiculare (bazele de cotare funcţionale). Cele şase coordonate vor constitui elemente rezultante a tot atîtea lanţuri de dimensiuni cîte grade de libertate, la deplasare (după direcţia celor trei axe de coordonate) sau rotire (în jurul celor trei axe de coordonate), există.

Tabelul 2.19

Valorile toleranțelor T_j **și ale coeficienților** α_j **și** k_j **(după RTM** 23 — 61) [44]

Felul dimensiunii	Operația tehnologică	T_j	k_j	α_j	Observații
Distanța de la axa unui alezaj la suprafața de bază	Rectificarea suprafeței plane de bază, cu reglarea după axa alezajului	0,04 – 0,12	1,3 – 1,4	0,3 – 0,4	
	Frezarea suprafeței plane de bază, cu reglarea după axa alezajului	0,10 – 0,40	1,0 – 1,3	0 – 0,3	
	Prelucrare alezajului:				
	– pe mașina de alezat sau mașina de găurit	0,1 – 0,3	1,0 – 1,2	0	
	– pe mașina de alezat, cu diamant	0,04 – 0,15	1,1 – 1,2	0	
Distanța dintre axele alezajelor	Prelucrarea pe mașina de alezat sau mașini de găurit	0,1 – 0,2	1,0 – 1,2	0 – 0,1	
	Prelucrarea pe mașina de alezat, cu diamant	0,04 – 0,10	1,1 – 1,3	0 – 0,1	
Paralelismul, perpendicularitatea, precizia unghiului dintre axa alezajului și suprafața de bază	Rectificarea suprafeței de bază cu reglarea după axa alezajului	$\frac{0,05}{L} \dots \frac{0,1}{L}$	1,2 – 1,3	0	Dimensiunea L poate să se găsească în intervalul 100 la 300 mm
	Frezarea suprafeței de bază cu reglarea după axa alezajului	$\frac{0,1}{L} \dots \frac{0,3}{L}$	1,1 – 1,2	0	
	Reglarea alezajului pe mașina de alezat sau mașina de găurit	$\frac{0,1}{L} \dots \frac{0,2}{L}$	1,1 – 1,3	0 – 0,1	
	Prelucrarea alezajului pe mașina de alezat, cu diamant	$\frac{0,05}{L} \dots \frac{0,1}{L}$	1,1 – 1,2	0	
Paralelismul, perpendicularitatea și precizia unghiului dintre axele alezajelor	Prelucrarea alezajelor pe mașina de alezat sau mașina de găurit	$\frac{0,1}{L} \dots \frac{0,2}{L}$	1,1 – 1,3	0	*Idem*
	Prelucrarea alezajelor pe mașina de alezat, cu diamant	$\frac{0,05}{L} \dots \frac{0,1}{L}$	1,1 – 1,3	0 – 0,1	

Tabelul 2.19 (continuare)

Felul dimensiunii	Operație tehnologică	T_j	k_j	α_j	Observații
Paralelismul, perpendicularitatea, precizia unghiului dintre suprafețe 	Rectificarea suprafețelor	$\frac{0,02}{300} \dots \frac{0,1}{300}$	1,2—1,4	0	
	Frezarea suprafețelor	$\frac{0,1}{300} \dots \frac{0,3}{300}$	1,1—1,2	0	
	Prelucrarea suprafețelor pe mașina de alezat	$\frac{0,1}{300} \dots \frac{0,2}{300}$	1,3—1,4	0	
	Prelucrarea suprafețelor pe mașina de rabotat	$\frac{0,1}{300} \dots \frac{0,2}{300}$	1,1— 1,4	0	
Distanța dintre suprafețe 	Rectificare	0,02—0,1	1,3— 1,4	0	
	Prelucrarea prin frezare, rabotare și mașina de alezat	0,1—1,0	1,1—1,4	0—0,1	
	Prelucrarea pe strung, strung revolver și automate	0,1—0,4	1,1—1,4	± 0,2	
Distanța dintre pereții unei suprafețe cuprinzătoare 	Rectificare	0,02—0,1	1,2—1,4	±0,25	
	Prelucrarea prin frezare, rabotare și mașina de alezat	0,01—1,0	1,1—1,4	±0,25	
	Prelucrare pe strung, strung-revolver și automate	0,1—0,4	1,1—1,4	±0,2	
Distanța dintre pereții unei suprafețe cuprinse 	Rectificare	0,02—0,2	1,0—1,4	±0,1	
	Prelucrare prin frezare, rabotare și mașina de alezat	0,1—1,0	1,0—1,4	±0,2	
	Prelucrare pe strung, strung-revolver și automate	0,1—0,4	1,0—1,4	0—0,3	
	Prelucrare pe mașini speciale	0,5—2,0	1,2—1,73	±0,4	

Tabelul 2.19 (continuare)

Felul dimensiunii	Operația tehnologică	T_j	k_j	α_j	Observații
Diametrul suprafețelor cilindrice exterioare	Rectificare	0,01—0,1	1,0—1,4	0—0,1	
	Prelucrare pe strung, carusel, strung-revolver și automate	0,1—0,5	1,1—1,4	±0,2	
Diametrul alezajelor	Rectificare	0,01—0,1	1,0—1,3	0...(-0,2)	
	Broșare	0,01—0,1	1,0—1,2	0	
	Prelucrare cu alezorul	0,01—0,1	1,0—1,2	0	
	Prelucrare pe mașina de alezat, cu diamant	0,02—0,1	1,0—1,2	0...(-0,2)	
	Prelucrare pe mașina de alezat	0,02—0,2	1,1—1,2	—0,2	
	Găurire	0,1—0,3	1,0—1,2	0	
Bătaia radială a suprafețelor	Rectificare	0,01—0,02	1,14	—0,3	$k_x = 1,7$
	Prelucrare pe strung, strung-revolver și automate	0,02—0,1	1,2	—0,3	
Bătaia axială a suprafețelor frontale	Rectificare	0,01—0,1	1,14	—0,3	
	Prelucrare pe strung, strung-revolver și automate	0,02—0,1	1,2	—0,3	$k_x = 1,7$

Tabelul 2.20

Formulele de calcul al lanţurilor de dimensiuni [5]

Caracteristica elementelor şi factorii care influenţează precizia lanţului de dimensiuni	Formulele de calcul	Observaţii
1	2	3
Pentru calculul dimensiunilor nominale la diferite tipuri de lanţuri de dimensiuni	$N_R = \sum_j A_j N_j$	$N_{R,j}$ este dimensiunea nominală rezultantă, respectiv componentă; A_j — coeficientul de transmitere
Pentru dimensiuni liniare şi unghiulare cu abateri simple (în afară de jocuri)	$X_{cR} = \sum_j A_j(X_{cj} + 0{,}5\,\alpha_j T_j) - 0{,}5\,\alpha_R T_R$ $T_R = \frac{1}{k_R}\sqrt{\sum_j A_j^2 k_j^2 T_j^2}$ *Observaţie.* α se poate lua nul, deoarece la însumarea erorilor distribuite simetric sau chiar la însumarea unor erori omogene cu distribuţie asimetrică, se poate admite că distribuţia tinde către o distribuţie simetrică	$X_{cR,j}$ — mijlocul cîmpului de toleranţă (valoarea centrală) a elementului rezultant, respectiv component; $\alpha_{R,j}$ — coeficientul de asimetrie relativă a elementului rezultant, respectiv component; $k_{R,j}$ — coeficientul de împrăştiere relativă a elementului rezultant, respectiv component; $T_{R,j}$ — toleranţa elementului rezultant, respectiv, component.
Pentru dimensiuni liniare şi unghiulare cu abateri vectoriale (în afară de jocuri)	$X_{cR} = -0{,}5\,\alpha_R T_R$ $T_R = \frac{1}{k_R}\sqrt{A_j^2 k_j^2 T_j^2 + \sum_j A_j^2 k_j^2 T_j^2}$ $k_{xj} = \sqrt{0{,}5[k_y^2 + 9(1+\alpha_y)^2]}$	k_{xj} — coeficientul raportat al împrăştierii relative a elementului vectorial X (fig. 2.19); k_y şi α_y se referă la distribuţia modulului vectorului y (fig. 2.19)
Pentru jocurile de îmbinare arbore-alezaj, într-o parte sau alta-cazul cel mai defavorabil (fig. 2.20,*a*)	$T_R = \frac{1}{k_R}\sqrt{\frac{1}{4}\sum_j A_j^2(k_{aj}^2 T_{aj}^2 + k_{bj}^2 T_{bj}^2}$ $X_{cR} + 0{,}5\,\alpha_R T_R = \pm\frac{1}{2}\sum_j \lvert A_j \rvert \cdot$ $\cdot [(N_{aj} - N_{bj}) + (X_{caj} - X_{cbj}) + 0{,}5(\alpha_{aj}T_{aj} - \alpha_{bj}T_{bj})]$	Indicele *a* se referă la dimensiunea suprafeţei cuprinzătoare (alezaj, iar indicele *b* se referă la dimensiunea suprafeţei cuprinse (arbore)

Tabelul 2.20 (continuare)

1	2	3
Pentru jocuri de îmbinare pană-canal de pană sau arbore canal de pană-elemente de tip *A* (fig. 2.20,*b* şi *c*)	$X_{cR} = \sum A_{jk}(X_{cjk} \pm T_{jk})$ *Observaţie.* Se ia semnul + sau —, astfel încît să se obţină valoarea absolută maximă pentru suma din paranteză,	Elementul A_{jk} se introduce pentru a lua în considerare abaterile axelor de simetrie ale arborelui, repectiv penei şi canalului (deoarece dimensiunile nu sînt luate pînă la axele de simetrie)
Lanţuri de dimensiuni cu erori dependente liniar	$X_{cR} + 0{,}5\,\alpha_R T_R = \sum_{k=1}^{r}\left[(X_{cR} + 0{,}5\,\alpha_k T_k)\sum_{j=1}^{m(n\,\dots\,p)} A_{jk}a_{jk}\right] + \sum_{j,k=1}^{p,r} A_{jk}b_{jk}$ $T_R = \frac{1}{k_R}\sqrt{\sum_{k=1}^{r} k_k^2 T_j^2\left(\sum_{j,k=1}^{p,r} A_{jk}a_{jk}\right)^2}$ Dacă lanţul de dimensiuni cuprinde o singură grupă de elemente dependente: $X_{cR} + 0{,}5\,\alpha_R T_R = (X_{ck} + 0{,}5\,\alpha_k T_k)\sum_{j=1}^{m} A_j b_j$ $T_R = \frac{1}{k_R}\sqrt{k_k^2 T_k^2\left(\sum_{j=1}^{m} A_j a_j\right)^2}$	Se consideră cazul unui lanţ de dimensiuni formate din elemente componente împărţite în grupe de dependenţă, şi anume: prima grupă cuprinde *m* elemente dependente, a doua grupă *n* elemente dependente ş.a. m.d., ultima grupă de ordinul *r* cuprinde *p* elemente dependente. Elementele dependente — din prima grupă: $Y_{11} = a_{11}X_1 + b_{11}$; $Y_{21} = a_{21}X_1 + b_{21}$; . . . $Y_{m1} = a_{m1}X_1 + b_{m1}$; — din a doua grupă: $Y_{12} = a_{12}X_2 + b_{12}$; $Y_{22} = a_{22}X_2 + b_{22}$ . . . $Y_{n2} = a_{n2}X_2 + b_{n2}$; — din ultima grupă: $Y_{1r} = a_{1r}X_r + b_{1r}$ $Y_{2r} = a_{2r}X_r + b_{2r}$ . . . $Y_{pr} = a_{pr}X_r + b_{pr}$, unde a_{jk} şi b_{jk} sînt constante; X_k — mărimea întîmplătoare comună pentru elementele dintr-o grupă de dependenţă

2.4. CAUZELE APARIŢIEI ABATERILOR LA PRELUCRAREA PE MAŞINI-UNELTE

2.4.1. GENERALITĂŢI

Factorii care determină apariţia abaterilor la prelucrarea pe maşini-unelte se pot clasifica în: factori *independenţi* (starea semifabricatului, starea maşinii-unelte şi a sculei, condiţiile de poziţionare şi fixare a piesei, condiţiile de reglare a maşinii-unelte) şi factori *dependenţi* de procesul de prelucrare (factorii termici, uzura sculei, vibraţiile, rigiditatea sistemului tehnologic maşină-dispozitiv-sculă-piesă, abateri ale schemei cinematice a maşinii-unelte). În continuare se vor prezenta aceşti factori, consideraţi mai importanţi.

2.4.2. INFLUENŢA FORMEI ŞI DIMENSIUNII PIESEI DE PRELUCRAT ŞI A SEMIFABRICATULUI FOLOSIT

În general, forma pieselor se obţine din combinarea unor corpuri geometrice; cu cît acestea vor fi mai simple, cu atît se favorizează obţinerea unei precizii mai ridicate. Pe de altă parte, o piesă de formă complexă şi avînd şi dimensiuni mai mari se va executa mai greu la un înalt grad de precizie — datorită deformărilor elastice ale piesei (şi ale maşinii-unelte), precum şi preciziei mai scăzute a sculelor (ca urmare a dimensiunilor mari şi formei complexe — în cazul sculelor profilate).

Practica arată că există o legătură bine definită între valoarea diametrului piesei şi toleranţa la care se poate executa piesa în condiţii economice:

$$T_{D,d} = C \sqrt[x]{(D \text{ sau } d)} + C_1(D \text{ sau } d),$$

unde C este coeficientul tehnologiei de prelucrare (strunjire, alezare, rectificare etc.), iar termenul C_1 (D sau d) înglobează erorile de măsurare (datorită deformaţiilor elastice ale materialului pieselor şi calibrelor şi datorită diferenţelor de temperatură între acestea), proporţionale cu valoarea diametrului de executat; indicele radicalului are valori cuprinse între 2,5 şi 3,5, (în medie, $x = 3$).

În ceea ce priveşte semifabricatul, acesta influenţează asupra preciziei prin mărimea şi uniformitatea (ca mărime şi duritate) adaosului lăsat pentru prelucrare, precum şi prin tensiunile interioare existente. De asemenea, posibilitatea alegerii la prima operaţie de prelucrare a unei baze de aşezare corespunzătoare va avea o influenţă importantă. Suprafaţa folosită ca bază tehnologică, la prima operaţie de prelucrare, va fi acea suprafaţă care, pînă la urmă, rămîne neprelucrată (pentru a poziţiona corect suprafeţele prelucrate, faţă de cele care rămîn neprelucrate). Dacă toate suprafeţele se prelucrează, se va alege ca bază tehnologică acea suprafaţă care asigură o aşezare bună şi un adaos de prelucrare uniform pe suprafeţele care se prelucrează ulterior (deoarece un adaos neuniform este cauza variaţiei forţelor de aşchiere şi implicit a intensificării vibraţiilor).

2.4.3. ERORILE DE BAZARE

Este indicat ca, pentru mărirea preciziei de prelucrare, să se aleagă, pe cît posibil, bazele tehnologice identice cu bazele funcţionale. Contrar, intervin erori de bazare Δb_{real}, care trebuie să fie mai mici sau cel mult egale cu valoarea admisibilă a cîmpului

de distribuţie a dimensiunilor pieselor datorită erorilor de bazare $W_{b\,adm}$, adică $\Delta_{b\,real} \leqslant W_{b\,adm}$.

Se poate calcula $W_{b\,adm}$ cînd se dau T — toleranţa piesei, W_Σ — amplitudinea cîmpului de distribuţie a dimensiunilor pieselor în legătură cu metoda de prelucrare, η — eroarea sistematică constantă a dispozitivului şi W_b — amplitudinea cîmpului de distribuţie a dimensiunilor piesei datorită erorilor de bazare: rezultă

$$T = k\sqrt{W_\Sigma^2 + W_b^2} + \eta \quad \text{sau} \quad W_{b\,adm} = \frac{1}{k}\sqrt{(T - \eta)^2 - k^2 W_\Sigma^2}\,. \qquad (2.30)$$

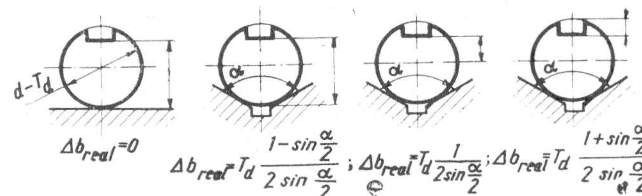


Fig. 2.21. Exemple de erori de bazare

Pentru distribuţia normală, se ia $k = 1$. În ceea ce priveşte Δb_{real} acesta se calculează în funcţie de aşezarea piesei (cîteva exemple se dau în fig. 2.21).

De exemplu la executarea dimensiunilor $L_{1,2}$ (fig. 2.22), precizia acestora va fi funcţie de precizia dimensiunilor de bază $X_{1,2}$. Se poate lua $L = \varphi(X_1, X_2, \ldots X_n, \ldots A, B, \ldots)$, în care X_i sînt dimensiunile de bază, iar $A, B \ldots$ — dimensiuni constante ale dispozitivului sau ale maşinii-unelte. Eroarea de bazare ΔL, considerată ca o mărime infinit mică, se calculează cu ajutorul diferenţialei:

$$\Delta L = \frac{\partial\varphi}{\partial X_1}\Delta X_1 + \frac{\partial\varphi}{\partial X_2}\Delta X_2 + \ldots + \frac{\partial\varphi}{\partial X_n}\Delta X_n,$$

în care ΔX_i reprezintă abaterile dimensiunilor de bazare. Considerînd că ΔL şi ΔX_i sînt amplitudinea cîmpurilor de distribuţie respective, se găseşte:

$$\omega_{b\,real} = k\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial X_i}\right)T_i^2}\,. \qquad (2.31)$$

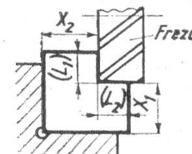


Fig. 2.22. Schema prelucrării, atunci cînd baza de aşezare (tehnologică) diferă de baza funcţională.

2.4.4. STAREA MAŞINII-UNELTE

Precizia maşinilor-unelte (şi modul de verificare) este prescrisă prin standarde (STAS 1671-66 pentru strunguri universale, STAS 1672-64 pentru maşini de frezat, STAS 2672-65 pentru maşini de rectificat) sau norme interne. Datorită uzurii, cu timpul, abaterile sînt depăşite. Ca urmare, este necesar să se facă determinări experimentale asupra preciziei maşinii-unelte. Se va considera un lot de probă (grupă de probă, selecţie, sondaj, eşantion). Valoarea $6s$ (în care s este abaterea medie pătratică corectată a probei) va

caracteriza amplitudinea distribuţiei abaterilor întîmplătoare, respectiv precizia maşinii-unelte (cu alte cuvinte, toleranţa maşinii-unelte). Este necesar ca

$$6\,s \leqslant T, \tag{2.32}$$

unde T este toleranţa piesei prelucrate.

Dacă $6\,s > T$, este necesar să se aleagă o altă maşină-unealtă pentru executarea piesei respective.

Valoarea s se calculează cu formula (conform STAS 2631-58, pct. 2,12 [14, p. 140]):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{X'_j - C}{a}\right)^{n_i}}{n-1} - \frac{n}{n-1}\left(\frac{C-\overline{X}}{a}\right)^2}, \tag{2.33}$$

în care X'_j reprezintă valorile centrale ale celor m intervale în care s-au clasificat valorile găsite; n_i — frecvenţa absolută a intervalelor considerate; n — numărul total de valori.

Ordonarea valorilor după rang (în ordine crescătoare sau descrescătoare), fiecare valoare fiind scrisă o dată — iar în dreptul ei, trecîndu-se numărul n_i de cîte ori se repetă — formează un şir statistic.

2.4.5. INFLUENŢA REGLĂRII MAŞINII-UNELTE

Prin reglare se asigură poziţia corectă a sculei aşchietoare faţă de piesa de prelucrat, poziţia opritoarelor etc. — astfel încît piesa să fie executată la precizia prescrisă. Deoarece în timpul prelucrării intervin modificări ale poziţiei sculei faţă de suprafaţa de prelucrat (datorită influenţei diferiţilor factori care participă la procesul de aşchiere — de exemplu, uzura etc.), este necesar ca la reglare să se ia în considerare influenţa acestor factori.

Pentru efectuarea unei reglări corespunzătoare şi pentru evitarea intervenţiei prea frecvente în scopul reglării, trebuie să se cunoască care este valoarea medie $\overline{X}$ a unei selecţii. La un reglaj corespunzător trebuie ca $\overline{X}$ să fie apropiată de dimensiunea medie prescrisă sau, în cazuri speciale, de o anumită dimensiune stabilită în prealabil (bineînţeles, se iau în considerare şi factorii care produc abateri sistematice).

Valoarea medie a selecţiei $\overline{X}$ se calculează cu formula (STAS 2631-58, pct. 2.3. [14.p.140]):

$$\overline{X} = C + a\,\frac{\sum_{j=1}^{n} n_j\left(\frac{X'_j - C}{a}\right)}{n}. \tag{2.34}$$

Dacă reglarea este corectă şi $6\,s \leqslant T$, atunci cîmpul de dispersie se va suprapune peste cîmpul toleranţei, sau va depăşi, în mod simetric, acest cîmp.

Prin deplasarea centrului de grupare a dimensiunilor pieselor cu o cantitate E (fig. 2.23), în cazul $6\,s = T$, o parte din piese nu se vor încadra în limitele prescrise. Procentul de pierderi se calculează cu relaţia

$$P_r = 0{,}5 - \Phi\left(\frac{0{,}5\,T + E}{s}\right), \tag{2.35}$$

în care $\Phi\left(\frac{0{,}5\,T + E}{s}\right)$ reprezintă funcţia integrală a lui Laplace [14, tabelul 3.1].

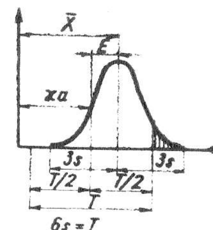


Fig. 2.23. Influenţa deplasării centrului de distribuţie, în cazul $6\,s = T$

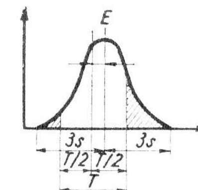


Fig. 2.24. Influenţa deplasării centrului de distribuţie, în cazul $6s > T$

Pentru cazul $6\,s > T$ (fig. 2.24), procentul de piese cu abateri peste limitele prescrise se calculează cu formulele:

$$P_{r1} = \left[0{,}5 - \Phi\left(\frac{0{,}5 + E}{s}\right)\right]100\%; \quad P_{r2} = \left[0{,}5 - \Phi\left(\frac{0{,}5 - E}{s}\right)\right]100\%.$$

Dacă maşina-unealtă nu se poate schimba, atunci reglarea trebuie făcută astfel ca procentul de piese necorespunzătoare să fie remaniabil.

2.4.6. RIGIDITATEA SISTEMULUI ELASTIC MAŞINĂ-UNEALTĂ-DISPOZITIV-SCULĂ-PIESĂ

În procesul de aşchiere apar forţe care tind să producă modificări ale poziţiei suprafeţelor de prelucrat şi ale sculelor datorită deformaţiilor elastice ale sistemului maşină-unealtă-dispozitiv-sculă-piesă (prescurtat MDSP). Cu cît variaţia acestor forţe va fi mai mare, cu atît va fi mai accentuată influenţa asupra preciziei de prelucrare.

Unul din factorii importanţi care influenţează modificarea poziţiei este rigiditatea sistemului. Influenţa rigidităţii asupra preciziei de prelucrare se referă în mod deosebit asupra formei (fig. 2.25—2.27) şi poziţiei suprafeţelor. O rigiditate mică a sistemului facilitează şi intensificarea vibraţiilor şi deci influenţează şi calitatea suprafeţei.

În vederea reducerii abaterilor de prelucrare datorită deformaţiilor elastice sub influenţa forţelor de aşchiere, se impune ca sistemul să aibă o rigiditate ridicată.

Rigiditatea se exprimă sub forma raportului dintre forţă şi deplasarea după direcţia de acţionare a acesteia:

$$R = \frac{F}{y}\left[\frac{\text{daN}}{\text{mm}}\right], \tag{2.36}$$

sau, exprimînd inversul acestui raport, se obţine gradul de cedare

$$W = \frac{Y}{F}\left[\frac{\mu m}{daN}\right]. \quad (2.37)$$

La acţiunea mai multor forţe, se face însumarea deformaţiilor sau a cedărilor:

$$Y_t = \sum_{i=1}^{n} \frac{F_i}{R_i}\ [\mu m]; \quad (2.38)$$

$$W_t = \sum_{i=1}^{n} W_i \left[\frac{\mu m}{daN}\right]. \quad (2.39)$$

La calculul rigidităţii se ţine seama de toate forţele care apar în sistemul elastic.

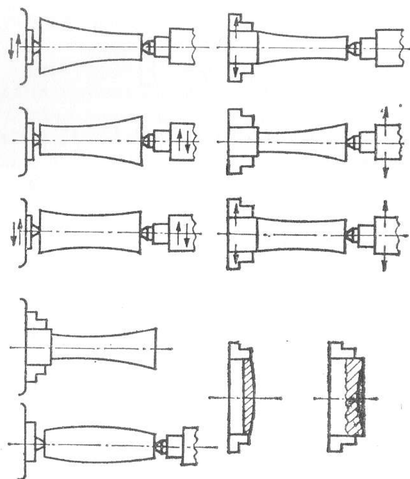


Fig. 2.25. Abateri de formă la strunjire

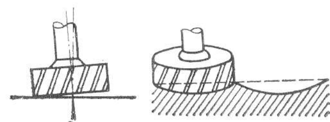


Fig. 2.26. Abateri de formă la frezare



Fig. 2.27. Abateri de formă la rabotare

Este de reţinut că, la acţionarea simultană a mai multor forţe după direcţii diferite, rigiditatea unui sistem va avea alte valori. În procesul de aşchiere se va lua în considerare rigiditatea după direcţia de acţionare a forţei care influenţează în măsură mai mare precizia de prelucrare.

În fig. 2.28 sînt indicate forţele care apar în sistem, în cazul unui arbore fixat între vîrfuri, pe strung, iar în fig. 2.29 — cazul unei maşini de alezat orizontal. Pentru calculul rigidităţii statice, la aşezarea piesei pe strung, se dau cîteva exemple, în tabelul 2.21.

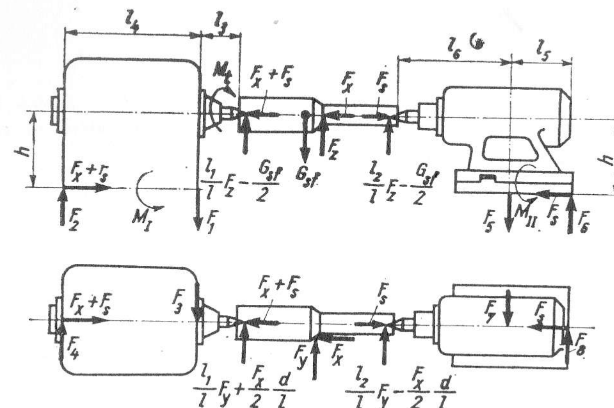


Fig. 2.28. Forţele care apar în sistem în cazul unui arbore fixat între vîrfuri, pe strung:

F_z, F_x şi F_y — componentele forţei de aşchiere; G_{sf} — greutatea semifabricatului; M_t — momentul de torsiune; F_s — forţa de strîngere axială a piesei între vîrfuri; F_1, F_2, F_3, F_4 şi M_I — forţele şi, respectiv, momentul (în plan transversal) care acţionează asupra păpuşii fixe; F_5, F_6, F_7, F_8 şi M_{II} — forţele şi, respectiv, momentul (în plan transversal) care acţionează asupra păpuşii mobile. Relaţiile de calcul sînt următoarele:

$$F_1 = \frac{l_3 + l_4}{l_4}\left(\frac{l_1}{l} Fz - \frac{G_{sf}}{2}\right) + \frac{h}{l_4} F_x + F_s);$$

$$F_2 = \frac{l_3}{l_4}\left(\frac{l_1}{l} F_z - \frac{G_{sf}}{2}\right) + \frac{h}{l_4}(F_x + F_s); \quad F_3 = \left(\frac{l_3 + l_4}{l_4}\right) \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{l_1}{l} F_y + \frac{F_x}{2} \cdot \frac{d}{l}\right); \quad F_4 = \frac{l_3}{l_4}\left(\frac{l_1}{l} F_y + \frac{F_x}{2} \cdot \frac{d}{l}\right); \quad F_5 = \frac{l_6 + l_5}{l_5} \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{l_2}{l} F_z - \frac{G_{sf}}{2}\right) + \frac{h}{l_5} F_s; \quad F_6 = \frac{l_6}{l_5}\left(\frac{l_2}{l} F_z - \frac{G_{sf}}{2}\right) + \frac{h}{l_5} F_s;$$

$$F_7 = \frac{l_6 + l_5}{l_5}\left(\frac{l_2}{l} F_y - \frac{F_x}{2} \cdot \frac{d}{l}\right); \quad F_8 = \frac{l_6}{l_5}\left(\frac{l_2}{l} F_y - \frac{F_x}{2} \cdot \frac{d}{l};\right.$$

$$M_I = F_z \frac{d}{2} - \left(\frac{l_1}{l} F_y + \frac{F_x}{2} \cdot \frac{d}{l}\right) h; \quad M_{II} = \left(\frac{l_2}{l} F_y - \frac{F_x}{2} \cdot \frac{d}{l}\right) h$$

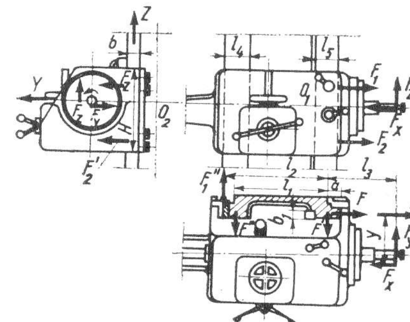


Fig. 2.29. Forţele care apar în sistem, în cazul unei maşini de alezat orizontal

Tabelul 2.21

Exemple de calcul al rigidității statice

Felul fixării arborelui	Schița	Formulele de calcul
1	2	3
Arbore lis fixat în universal	$E = 2{,}1 \cdot 10^4 \frac{daN}{mm^2}$; $J = 0{,}05\ d\ mm^4$, unde d și l în mm	$R_{a\,min} = \frac{3\,E\,J}{l^3} \left[\frac{daN}{mm}\right]$ sau $R_{a\,min} = 3 \cdot 10^3\ d \left(\frac{d}{l}\right)^3 \left[\frac{daN}{mm}\right]$ $W_{a\,max} = \frac{1}{3\,d}\left(\frac{l}{d}\right)^3 \left[\frac{\mu m}{daN}\right]$
Arbore lis fixat între vîrfuri		$R_{a\,min} = \frac{48\ EJ}{l^3} \left[\frac{daN}{mm}\right]$ sau $R_{a\,min} = 48 \cdot 10^3 \left(\frac{d}{l}\right)^3 d \left[\frac{daN}{mm}\right]$ $W_{a\,max} = \frac{1}{48\,d}\left(\frac{l}{d}\right)^3 \left[\frac{\mu m}{daN}\right]$ Pentru poziția x a forței: $W_a = \frac{x^2(l-x)^2}{3\,EJl} 10^3 \left[\frac{\mu m}{daN}\right]$
Arbore lis fixat în universal și vîrf		$R_{a\,min} = \frac{110\ EJ}{l^3} \left[\frac{daN}{mm}\right]$ $W_{a\,max} = \frac{1}{110\ d}\left(\frac{l}{d}\right)^3 \left[\frac{\mu m}{daN}\right]$

Tabelul 2.21 (continuare)

1	2	3
Deformarea sistemului tehnologic strung-dispozitiv-piesă-sculă în cazul unui arbore lis, fixat între vîrfuri		Deformarea suportului: $Y_{sp} = F_y W_{sp}$ [μm] Deformarea păpușii fixe: $Y_{pf} = F_y \left(\frac{l-x}{l}\right)^2 W_{pf}$ [μm] Deformarea păpușii mobile: $Y_{pm} = F_y \left(\frac{x}{l}\right)^2 W_{pm}$ [μm] Deformarea arborelui: $Y_a = F_y \frac{x^2(l-x)^2}{3EJl} 10^3$ [μm] Considerînd scula foarte rigidă deformația sistemului și forma geometrică a piesei prelucrate va fi $Y_{sist} = F_y \left[W_{sp} + \left(\frac{l-x}{l}\right)^2 W_{pf} + \left(\frac{x}{l}\right)^2 W_{pm} + \frac{x^2(l-x)^2}{3EJl} 10^3\right]$ [μm]
Deformarea sistemului tehnologic în cazul sprijinirii arborelui cu lunetă	W_l — cedarea lunetei, μm	$Y_{sist} = F_y \left\{ \frac{W_l \left[W_{pf}\left(\frac{l-x}{l}\right)^2 + W_{pm}\left(\frac{x}{l}\right)^2 + \frac{x^2(l-x)^2}{3\,EJl} 10^3\right]}{W_l + \left[W_{pf}\left(\frac{l-x}{l}\right)^2 + W_{pm}\left(\frac{x}{l}\right)^2 + \frac{x^2(l-x)^2}{3\,EJl} 10^3\right]} + W_{sp} \right\}$ [μm] Pentru $x = l$: $Y_{sist} = F_y \left(W_{sp} + \frac{W_l W_{pm}}{W_l + W_{pm}}\right)$ [μm] Pentru $x = 0$: $Y_{sist} = F_y \left(W_{sp} + \frac{W_l W_{pf}}{W_l + W_{pf}}\right)$ [μm]

2.4.7. VIBRAŢIILE CARE APAR ÎN PROCESUL DE AŞCHIERE

2.4.7.1. CAUZELE APARIŢIEI VIBRAŢIILOR. Prelucrarea prin aşchiere este însoţită întotdeauna de vibraţii relative între scula aşchietoare şi piesă. Acestea micşorează durabilitatea sculei (dăunător mai ales în cazul degroşării), măresc uzura utilajului şi înrăutăţesc netezimea suprafeţei prelucrate (dăunător mai ales la finisare). Cauzele vibraţiilor sînt:

Vibraţii transmise prin fundaţie, respectiv vibraţii forţate, datorită vibraţiilor produse de alte maşini. Contra acestora se poate lupta prin izolarea maşinii care generează vibraţii (metodă indicată mai ales pentru fundaţia ciocanelor şi preselor) sau prin izolarea maşinii-unelte luate în considerare.

Construcţia maşinii-unelte, datorită: vibraţiilor produse de piesele în mişcare de rotaţie neechilibrate; acţionării prin roţi dinţate (din această cauză la maşinile-unelte de precizie arborele principal este antrenat prin curele — care joacă rolul de filtru); acţionării prin curea (în cazul unei mari precizii se utilizează curele fără cusătură, de mătase); lagărelor (ca urmare a impreciziei suprafeţelor elementelor de rulare sau a căilor de rulare); lipsei de rigiditate statică şi dinamică (în legătură cu construcţia sau montarea maşinii-unelte — se obţine o rigiditate mai mare, în cazul unei maşini-unelte existente, prin utilizarea de lunete, prin fixarea sculei şi piesei într-o poziţie în care deplasarea dinamică relativă este mică [27]; alunecării intermitente (stick-slip) la mecanismele de translaţie [27. p. 96]

Excentricitatea piesei (modul de fixare a piesei în dispozitiv), *dispozitivului* sau *sculei* (cînd aceasta se roteşte).

Proprietăţile materialului prelucrat (neomogenitatea materialului), precum şi *dimensiunile piesei prelucrate* (în legătură cu lipsa de rigiditate a acesteia).

Aşchierea intermitentă, în cazul: prelucrării suprafeţelor discontinue (canale de pană etc.; de exemplu, la rectificare, se recomandă introducerea în canal a unei pene de lemn) sau în cazul folosirii sculelor cu mai multe tăişuri. Astfel în cazul frezării frontale, se recomandă ca numărul de dinţi care aşchiază simultan să fie un întreg, iar lăţimea piesei prelucrate să nu fie mai mică decît jumătatea diametrului frezei. În cazul frezării cilindrice, se recomandă utilizarea de dinţi înclinaţi — astfel încît un număr întreg de dinţi să prelucreze simultan, respectiv să existe condiţia de uniformitate $\operatorname{tg} \lambda = \dfrac{k\pi D}{tz}$.

unde: λ este unghiul de înclinare; z — numărul de dinţi ai frezei; D — diametrul frezei; t — adîncimea principală de aşchiere; k = 1;2 sau 3 (luînd k = 1;2 sau 3, se calculează astfel încît să se satisfacă valorile recomandate; deoarece practic valoarea lui t variază, se recomandă să se ia $k = 2 \ldots 3$, obţinîndu-se o variaţie a forţelor de aşchiere mai mică de 20% — deci admisibil.

Vibraţii autoexcitate, introduse şi întreţinute de forţele existente în însuşi procesul de aşchiere şi dăunătoare netezimii suprafeţelor prelucrate, durabilităţii sculelor aşchietoare, productivităţii muncii — datorită faptului că, în unele cazuri, eliminarea acestora se face prin reducerea vitezei de aşchiere. Sistemul tehnologic MDSP formează un sistem dinamic în mişcare permanentă. Cînd intervin perturbări (variaţia forţelor de frecare pe feţele sculei, variaţia forţelor de aşchiere datorită neomogenităţii materialului prelucrat sau datorită formării şi căderii depunerilor pe tăiş, urme de vibraţii rămase de la operaţia precedentă etc.), care fac ca peste forţa de aşchiere permanentă să se suprapună o forţă variabilă în timp — dacă această forţă este astfel încît măreşte perturbaţia iniţială (se formează o forţă variabilă şi mai mare, care măreşte şi mai mult perturbarea ş.a.m.d.) — rezultă o instabilitate dinamică. (Dacă această forţă acţionează contrar

perturbării, se stabileşte, cu timpul, condiţia de aşchiere statică — adică sistemul va fi stabil).

2.4.7.2. VIBRAŢII AUTOEXCITATE. Sistemul tehnologic MDSP este constituit din elemente care au *masă, capacitate de cedare* (elasticitate) şi *capacitate de amortizare* (de dispersie a energiei prin căldură, zgomot etc). Ansamblul acestora constituie un sistem oscilant mecanic similar cu circuitele oscilante electrice (fig. 2.30). Dacă se excită sistemul oscilant mecanic cu o forţă sinusoidală $F = F_0 \sin \omega\tau$ (unde F_0 este strict constant; ω — pulsaţia, $\frac{\text{rad}}{s}$; τ — timpul), variind pulsaţia, deplasarea punctului de aplicaţie a forţei va fi, de asemenea, sinusoidală, cu aceeaşi frecvenţă şi defazată cu φ:

$$y = y_0 \sin (\omega\tau - \varphi).$$

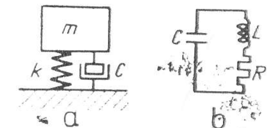


Fig. 2.30. Sistem oscilant cu un singur grad de libertate:
a — mecanic; *b* — electric

Suma forţelor ce acţionează asupra mesei va fi egală cu produsul dintre masa şi acceleraţia acesteia (legea a doua a lui Newton):

$$m \frac{d^2 y(\tau)}{d\tau^2} + C \frac{dy(\tau)}{d\tau} + k y(\tau) = f(\tau), \tag{2.40}$$

unde C este coeficientul de amortizare. Termenul al doilea din primul membru reprezintă forţa de amortizare (proporţională cu viteza în cazul amortizării vîscoase şi a celei hysterezis, la amplitudini mici); iar cel de-al treilea termen — forţa indusă în arc. Aplicînd transformata Laplace, rezultă

$$(ms^2 + Cs + k)\, \mathcal{Y}(s) = \mathcal{F}(s)$$

Funcţia de transfer (raportul dintre semnalul de ieşire şi cel de intrare) va fi intervalul impedanţei mecanice (raportul dintre forţă şi deplasarea provocată de aceasta):

$$\frac{\mathcal{Y}(s)}{\mathcal{F}(s)} = \frac{1}{ms^2 + Cs + k} = \frac{1}{k\left(\dfrac{s^2}{\omega_n^2} + \dfrac{2\delta s}{\omega_n} + 1\right)} = \frac{1}{k}\, G(s)$$

unde: s este mărime complexă ($s = \sigma + j\omega$); ω_n — pulsaţia proprie a sistemului, $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$; δ — raportul de amortizare $\left(\delta = \dfrac{C}{C_{cr}} = \dfrac{C}{2\sqrt{km}}\right)$; C_{cr} — coeficientul de amortizare critic.

Relaţia găsită arată că rigiditatea dinamică $\dfrac{\mathcal{F}(s)}{\mathcal{Y}(s)} = \dfrac{k}{G(s)} = k \dfrac{1}{G(s)}$ este egală cu produsul dintre rigiditatea statică k şi inversul unui operator diferenţial $G(s)$, a cărui valoare variază cu variaţia pulsaţiei. Relaţia reprezintă rigiditatea dinamică a unui

circuit oscilant mecanic cu un singur grad de libertate. Înlocuind $s = j\omega$ [31], se găsește

$$\frac{\mathcal{Y}(s)}{\mathcal{F}(s)} = \frac{1}{k\left(\frac{\omega^2}{\omega_n^2} + \frac{2\delta j\omega}{\omega_n} + 1\right)}.$$

În cazul sarcinilor statice ($\omega = 0$), se ajunge la ecuația rigidității statice

$$\frac{\mathcal{Y}(j\cdot 0)}{\mathcal{F}(j\cdot 0)} = \frac{1}{k}.$$

Pentru sisteme cu mai multe grade de libertate, ecuațiile diferențiale transformate Laplace se rezolvă utilizînd calculul matricial.

În cazul mașinilor-unelte-masa, amortizorul și arcul constituind proprietăți difuze ale structurii acestora, nepreconizabile prin calcul — stabilirea valorii acestora se face pe cale experimentală, excitîndu-se structura mașinii-unelte într-un punct considerat, cu un excitator (mecanic, hidraulic, electric sau combinat) ce asigură o forță de tipul $F = F_0 \sin \omega\tau$ [26] și măsurîndu-se deformația în punctul căutat, determinîndu-se astfel răspunsul la frecvență al structurii (fig. 2.31). În particular, la mașini-unelte se iau în considerare punctele de intrare și ieșire după direcțiile în care este afectată precizia de prelucrare (direcțiile perpendiculare pe suprafața prelucrată și eventual direcțiile ortogonale față de acestea).

Simplificînd modelul lui Merritt [15], presupunînd că așchierea este continuă (luînd un fragment dintr-o piesă ce se rotește) și concentrînd masa echivalentă a sistemului

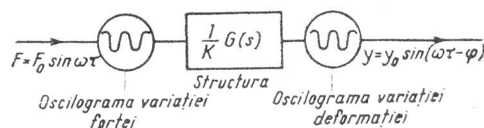


Fig. 2.31. Schema bloc a răspunsului la frecvență a structurii

oscilant cu un singur grad de libertate în piesă (fig. 2.32), dacă se reglează grosimea de așchiere la valoarea a_0, datorită forței staționare F_y sistemul cedează, astfel încît vîrful cuțitului descrie traiectoria **1**. Datorită vibrațiilor sistemului, traiectoria reală rezultă ondulatorie, în jurul direcției **1**. La trecerea următoare fenomenul repetîndu-se, traiectoria va fi ondulatorie în jurul direcției **2**. Pentru un timp τ, grosimea instantanee a așchiei

$$a(\tau) = a_0(\tau) - y(\tau) + \mu y(\tau - \tau_0),$$

unde $y(\tau)$ este deformația sistemului la timpul τ; $y(\tau - \tau_0)$ — deformația la timpul $\tau - \tau_0$; τ_0 — timpul între două treceri succesive (la strunjire: timpul unei rotații a piesei); μ — coeficient care ia în considerare faptul că la trecerea următoare grosimea instantanee este îngroșată de deformația trecerii anterioare (de exemplu, la retezare), cînd $\mu = 1$ sau de cazul cînd fenomenul nu are loc (de exemplu, la filetare) $\mu = 0$.

Transformata Laplace a relației anterioare dă

$$\mathcal{A}(s) = \mathcal{A}_0(s) - \mathcal{Y}(s) + \mu e^{-\tau s}\mathcal{Y}(s). \qquad (2.41)$$

Forța de așchiere $F_y(\tau)$ variază ca urmare a variației grosimii așchiei precum și datorită dinamicii procesului de așchiere (problemă încă nedefinitiv elucidată). Forța

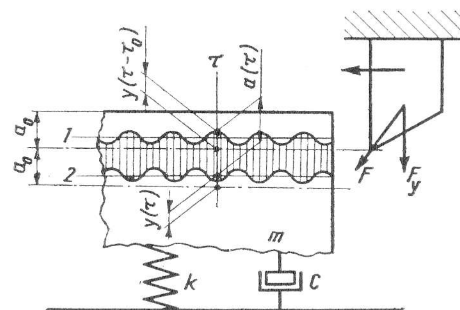


Fig. 2.32. Sistemul oscilant mecanic, cu un singur grad de libertate, în cazul așchierii

fiind influențată de diferiți parametri — după cum s-a văzut, ecuația diferențială, care să reflecte dinamica de așchiere, după V. A. Kudinov, este $dF = dF_a + dF_\gamma + dF_\alpha + ...$, unde

$$dF_a = \frac{\partial F}{\partial a}da; \quad dF = \frac{\partial F}{\partial \gamma}d\gamma; \quad dF = \frac{\partial F}{\partial \alpha}d\alpha \ldots .$$

Neglijînd componenta dinamică — pînă la definitivarea ei, se poate scrie

$$F_y(\tau) = k_c a(\tau),$$

unde k este *rigiditatea statică de așchiere* (deoarece reprezintă raportul dintre forță și o dimensiune care determină această forță). Transformata Laplace va fi

$$\mathcal{F}_y(s) = k_c \mathcal{A}(s). \qquad (2.42)$$

Relațiile (2.40) — (2.42) definesc sistemul dinamic al mașinii-unelte. Cu aceste relații se construește schema bloc, care definește comportarea sistemului la vibrații autoexcitate (fig. 2.33) datorită variației grosimii așchiei (și fără să țină seama de efectele altui factor care cauzează vibrații).

Schema bloc (calea directă) arată că, înmulțindu-se adîncimea instantanee $\mathcal{A}(s)$ cu k_c, se obține forța $\mathcal{F}(s)$; iar aceasta, înmulțită cu capacitatea dinamică de cedare, dă deformația instantanee $\mathcal{Y}(s)$.

Aplicînd principiile reglării automate pentru determinarea funcțiilor de transfer [31], rezultă

$$\frac{\mathcal{A}(s)}{\mathcal{A}_0(s)} = \frac{1}{1 + (1 - \mu e^{-\tau_0 s})\frac{k_c}{k}G(s)}.$$

Condiţia de stabilitate din punct de vedere matematic este asigurată dacă rădăcinile ecuaţiei caracteristice a funcţiei de transfer au părţi reale negative. (Dacă oricare dintre rădăcini sau toate au părţi reale pozitive, sistemul este instabil). Limita stabilităţii este reprezentată de cazul cînd o rădăcină are partea reală nulă, iar restul avînd părţi reale negative.

Ecuaţia caracteristică este

$$1 + (1 - \mu e^{-\tau_0 s}) \frac{k_c}{k} G(s) = 0.$$

Rădăcinile acestei ecuaţii, conform celor spuse, trebuie să se limiteze la partea stîngă a planului s (fig. 2.34). Rădăcinile de pe axa imaginară sînt de forma $s = j\omega$ — şi corespund soluţiilor armonice. Prin găsirea acestor soluţii se defineşte limita stabilităţii. Înlocuind mai sus, $s = j\omega$, se găseşte

$$\frac{k_c}{k} G(j\omega) = - \frac{1}{1 - \mu e^{-\tau_0 j\omega}}.$$

Membrul întîi reprezintă produsul funcţiilor de transfer al căii directe, adică raportul $\mathcal{Y}(s)/\mathcal{A}(s)$. Membrul al doilea $- 1/(1 - \mu e^{-\tau_0 s}) = G_p$, reprezentat grafic, constituie locul geometric al punctelor critice [31]. Intersecţiile diagramei $\mathcal{Y}(s)/\mathcal{A}(s)$ cu punctele de pe locul geometric critic dau soluţiile armonice ale ecuaţiei caracteristice, care definesc limita

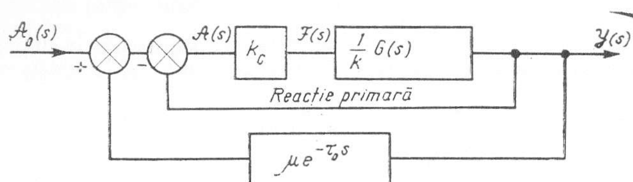


Fig. 2.33. Schema bloc care defineşte comportarea sistemului la vibraţii autoexcitate

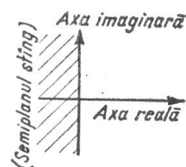


Fig. 2.34. Planul s.

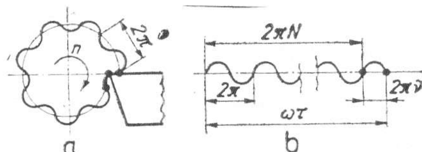


Fig. 2.35. Traiectoria corespunzătoare unei rotaţii, în cazul strunjirii transversale

stabilităţii. Dacă graficul $\mathcal{Y}(s)/\mathcal{A}(s)$ nu intersectează nici un punct definit de G_p, sistemul este absolut stabil, ceea ce are loc la valori mici ale rigidităţii statice de aşchiere, adică la lăţimi mici de aşchiere.

Locul geometric critic G_p, este o funcţie de μ şi $\omega_0\tau$. Considerînd de exemplu cazul strunjirii transversale (fig. 2.35, *a*), desfăşurata traiectoriei (fig. 2.35, *b*) va fi formată

dintr-un număr întreg N de unde şi o fracţiune ν dintr-o undă, adică $\omega\tau_0 = 2\pi(N + \nu)$. Ca urmare $e^{-j\omega\tau_0} = e^{-j2\pi(N+\nu)} = e^{-j2\pi\nu}$, deoarece, N fiind un număr întreg, $e^{-j2\pi N} = 1$.

Rezultă

$$G_p = \frac{-1}{1 - \mu e^{-j2\pi\nu}},$$

adică G_p este funcţia de μ (gradul de acoperire) şi ν (fracţiunea de undă finită de pe periferia piesei).

Merritt [23] indică metodologia determinării contururilor μ = const şi ν = const *) (cercuri, fig. 2.36). Pentru $\mu = 1$, se vede că locul geometric critic este o linie paralelă cu axa imaginară, trecînd prin punctul $- 0,5 + j \cdot 0$. Dacă sistemul este stabil la toate vitezele, curba de răspuns la frecvenţă $\mathcal{Y}(s)/\mathcal{A}(s)$ nu va intra în regiunea din stînga acestei linii. Deci $\mu = 1$ impune cele mai mari restricţii stabilităţii. Cu descreşterea lui μ spre $\mu = 0$, curba de răspuns poate intra în regiunile exterioare cercurilor corespunzătoare valorii efective a lui μ. În cazul $\mu = 0$, regiunea critică se reduce la un punct: $- 1 + j \cdot 0$, care este punctul critic convenţional Nyquist. În această situaţie nu apare nici într-un caz instabilitatea dinamică.

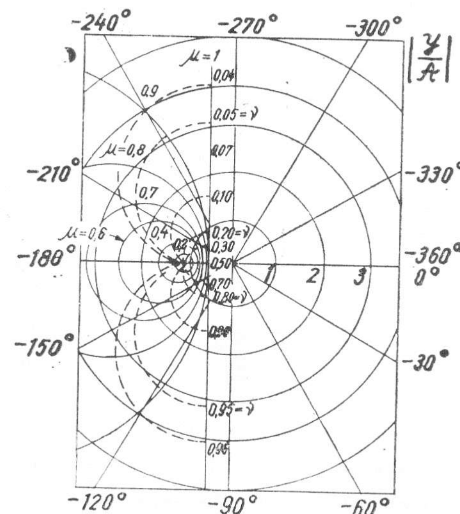


Fig. 2.36. Diagrama polară a locurilor geometrice critice G_p [15]

Pentru uşurarea operaţiilor, se poate utiliza reprezentarea în coordonate carteziene, luînd în abscisă defazarea, în grade, iar în ordonată logaritmul modulului $\mathcal{Y}(s)/\mathcal{A}(s)$ (fig. 2.37). În această diagramă, calea directă a schemei bloc avînd funcţia de transfer sub forma

$$\Phi = \frac{k_c}{k} G(s) = \frac{1}{\frac{s^2}{\omega_n^2} + 2\delta \frac{s}{\omega_n} + 1} \cdot \frac{k_c}{k},$$

va avea pe ordonată, pentru cazul $\omega = 0$, deci $s = j\omega = j \cdot 0 = 0$, valoarea $\Phi = \frac{k_c}{k}$. Experimental, se va determina curba răspunsului la frecvenţă, pentru o singură forţă. Trasîndu-se această curbă pe hîrtie transparentă (fig. 2.38) şi suprapunîndu-se peste graficul locului geometric critic prin deplasare după direcţia orizontală, se obţine adunarea logaritmului lui k_c (fig. 2.39).

*) Deşi metodologia este identică cu aceea a determinării contururilor M = const şi N = const din teoria reglării automate [23], semnificaţia este cu totul deosebită.

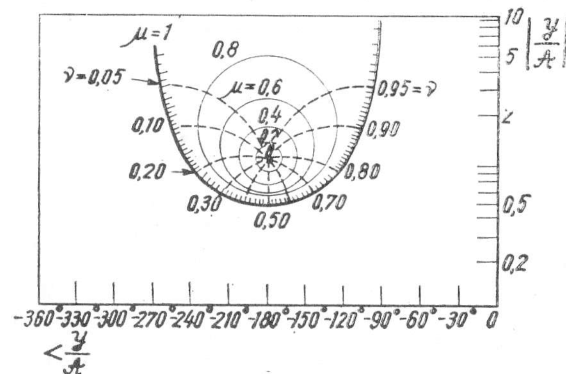


Fig. 2.37. Locul geometric critic [15]

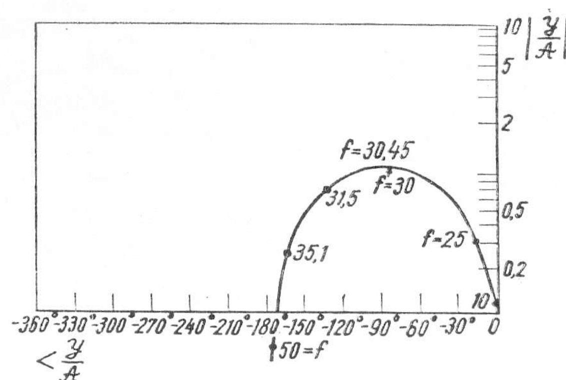


Fig. 2.38. Curba răspunsului la frecvenţă [15]

Exemplu: Fie $k_c/k = 0,1$ (fig. 2.38). Din fig. 2.39 se găseşte $\frac{k_c}{k} = 0,1$ este tangentă la $\mu=1$, în dreptul frecvenţei $f = 31,5$ Hz şi punctul corespunzător curbei $\nu = 0,758$. Deoarece $\omega = 2\pi f$ şi $\tau_0 = \frac{1}{n}$, rezultă $N + \nu = f\tau_0 = f\frac{1}{n}$, adică $n = \frac{f}{N+\nu}$. În cazul de faţă, dînd lui N valori de la 1 la N, se obţin turaţiile critice $n = \frac{31,5}{0,758 + N} = 42,4;\ 18,1;\ 11,5;\ 8,42;\ 6,65;\ 5,48\ \frac{\text{rot}}{\text{s}}$.

Luînd diferite valori pentru k_c/k, se stabileşte diagrama de stabilitate (fig. 2.40). Diagrama arată că, atunci cînd la o anumită turaţie apar vibraţii autoexcitate, schimbînd turaţia, acestea pot dispărea.

Deoarece răspunsul la frecvenţă al sistemului (capacitatea dinamică de cedare) depinde de direcţia considerată, iar aparatajul necesar este complex şi costisitor, Merritt [23]

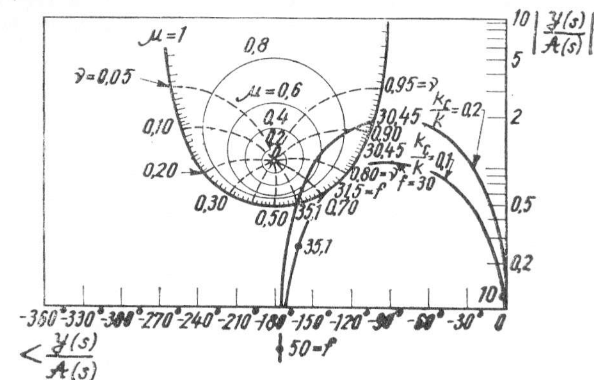


Fig. 2.39. Determinarea frecvenţelor critice [15]

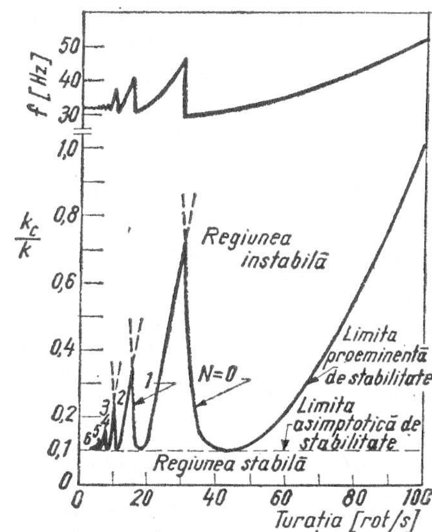


Fig. 2.40. Diagrama de stabilitate [15]

a considerat și un criteriu de stabilitate simplificat. Din fig. 2.36 se vede că stabilitatea absolută este asigurată dacă curba răspunsului la frecvență este în interiorul unui cerc de rază $\frac{1}{2}$;

$$\frac{\mathcal{Y}(s)}{\mathcal{A}(s)} = \frac{k_c}{k}[G(j\omega)] < \frac{1}{2}.$$

Notînd valoarea maximă a capacității de cedare dinamică cu $\frac{1}{k_d}$, rezultă $k_c/k_d < \frac{1}{2}$, adică $k_c < \frac{k_d}{2}$. Practic, se măsoară rigiditatea dinamică minimă, pentru toate orientările posibile ale forței de așchiere și se impune k_c mai mic decît jumătate din această valoare. În acest caz, așchierea va fi absolut stabilă.

2.4.7.3. MICȘORAREA VIBRAȚIILOR. Micșorarea acestora se face, pe de o parte, diminuînd cauzele interne și externe ale vibrațiilor forțate (vibrații ce provin din fundație, de la motoare, curele, roți dințate, dezechilibru al organelor de mașini aflate în rotație etc.) iar, pe de altă parte (din studiul căii directe a schemei bloc din fig. 2.33), acționînd asupra elementelor k_c și $\frac{1}{k}G(s)$, adică asupra condițiilor în care se desfășoară așchierea și asupra caracteristicilor dinamice ale structurii mașinii-unelte. Astfel, asupra mărimii k_c se acționează prin utilizarea unor geometrii corespunzătoare a sculelor așchietoare — fațetă cu unghi de degajare negativ (M. I. Klushin și D. L. Ryzhkov), mărirea unghiului de degajare (A. P. Sokolovski), mărirea unghiului de atac principal, tăiș transversal, de exemplu la burghie (S. A. Tobias și W. Fishwick) sau tăiș frontal lat de la freze frontale (S. A. Tobias) — și prin ascuțirea preventivă a sculelor (deoarece uzura poate da naștere la vibrații). Elementul $\frac{1}{k}G(s)$ poate contribui la micșorarea vibrațiilor, prin utilizarea în construcția de mașini-unelte a unor materiale avînd capacitate mare de amortizare, prin folosirea eficientă a amortizării coulombiene (a frecărilor uscate între subansambluri) sau prin aplicarea, la mașina finită, a unor amortizori special construiți; se pot folosi, de asemenea, absorbitori cu masă auxiliară.

2.4.8. INFLUENȚA FACTORILOR TERMICI

În timpul prelucrării mecanice are loc încălzirea sistemului tehnologic mașină-dispozitiv-sculă-piesă, datorită: căldurii degajate în procesul de așchiere; frecării între suprafețele mobile ale diferitelor subansambluri (de exemplu, între arborele principal al mașinii și lagăre, între roțile dințate din cutia de viteze); surselor exterioare (de exemplu, temperatura mediului ambiant, temperatura uleiului din sistemul de ungere, temperatura fluidului de așchiere), iar, după terminarea prelucrării, are loc răcirea acestuia. Ca urmare, starea termică a sistemului va fi la început variabilă (temperatura de regim staționar se atinge de exemplu după 3–4 h de funcționare în păpușa fixă a strungului, 20–40 min de așchiere continuă a cuțitului, într-un timp mai scurt în piesă — după dimensiunile acesteia). Datorită acestui fapt, pot avea loc abateri dimensionale și de formă ale pieselor prelucrate (cele mai mari abateri se datoresc variației temperaturii sculei; în ceea ce privește mașina-unealtă, abaterile cele mai mari se datoresc păpușii fixe).

Dacă se consideră, ca exemplu, prelucrarea pe strung, influența sculei asupra abaterilor depinde de condițiile de așchiere: degroșare și finisare pe aceeași mașină, cu același cuțit și cu adîncimi de așchiere diferite (fig. 2.41, *a*) sau cu cuțite diferite cu adîncimi de așchiere diferite (fig. 2.41, *b* — prelucrare individuală); degroșarea și finisarea pe

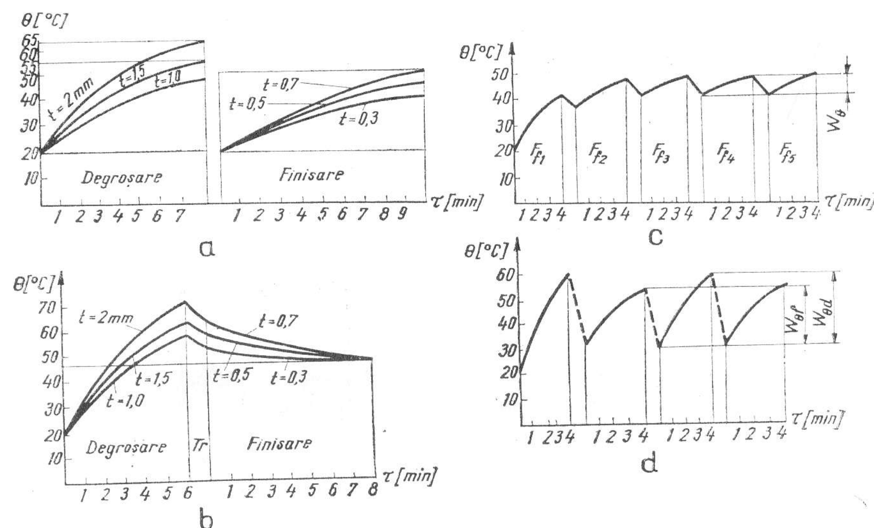


Fig. 2.41. Variația temperaturii în cuțit:

a — degroșare și finisare pe același strung, cu același cuțit, cu adîncimi diferite; *b* — idem, cu cuțite diferite și adîncimi diferite; *c* — degroșare și finisare pe mașini diferite; *d* — degroșare și finisare pe aceeași mașină, cu scule diferite (faza de finisare); F_{fi} — faza de finisare a piesei de ordinul i; W_θ — cîmpul de împrăștiere a temperaturii în cuțit ($W_{\theta d}$ — la degroșare; $W_{\theta f}$ — la finisare); T_r — timpul de întrerupere (pentru schimbarea regimului de așchiere, piesei etc.).

mașini diferite (fig. 2.41, *c* — prelucrarea în serie); degroșarea și finisarea pe aceeași mașină, dar cu scule diferite (fig. 2.41, *d* — prelucrarea în serie). Variația dimensiunii liniare a cuțitului (fig. 2.42)

$$\Delta l_c = \alpha l_c \Delta\theta, \qquad (2.43)$$

unde: α este coeficientul de dilatare liniară a cuțitului în consolă; l_c — lungimea în consolă a cuțitului; $\Delta\theta$ — variația temperaturii în cuțit ($\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$, indicii i și f se referă la etapa inițială, respectiv finală). Variația diametrului piesei

$$\Delta d_p = 2\Delta l_c = d_i - d_f.$$

Abaterile, pe diametru, datorită temperaturii piesei (fig. 2.43)

$$\Delta d_p = \alpha d \Delta\theta_p,$$

unde d este diametrul piesei iar $\Delta\theta_p$ – variaţia temperaturii piesei ($\theta_p = \theta_{pl} - \theta_{pr}$, θ_{pl} fiind temperatura piesei în timpul lucrului, iar θ_{pr} – temperatura piesei după răcire).

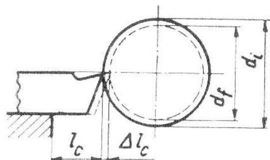


Fig. 2.42. Abaterea datorită temperaturii cuţitului

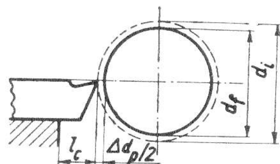


Fig. 2.43. Abaterea pe diametru datorită temperaturii piesei

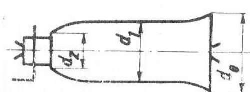


Fig. 2.44. Abaterile datorită variaţiei temperaturii de-a lungul piesei

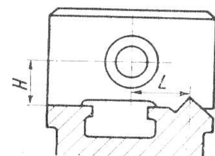


Fig. 2.45. Poziţia arborelui principal

Variaţia diametrului piesei $\Delta d_p = d_{ir} - d_{fr}$, în care indicii ir şi fr se referă la diametrul iniţial de reglare a cuţitului, respectiv diametrul final după răcire.

Variaţia temperaturii de-a lungul piesei va fi (fig. 2.44) [19]

$$\Delta d_p = d_0 - d_2,$$

unde: d_0 este diametrul rezultat după reglarea cuţitului; d_2 – diametrul capătului final al piesei, care are valoarea $d_2 = d_1 \sqrt{1 - \gamma\Delta\theta_2}$, în care $d_1 = d_0 \sqrt{1 - \gamma\Delta\theta_1}$; d_1 – diametrul piesei după dilatarea volumică; γ – coeficientul de dilatare volumică; $\Delta\theta_{1,2}$ – variaţia temperaturii referitor la diametrele d_1, respectiv d_2.

Datorită variaţiei temperaturii din păpuşa fixă, se produce o deplasare a arborelui principal în plan orizontal şi vertical (fig. 2.45) [29]:

$$\Delta H = \alpha L \Delta\theta_{pf}; \qquad \Delta V = \alpha H \Delta\theta_{pf},$$

unde: L şi H sînt dimensiunile de poziţie ale arborelui principal; $\Delta\theta_{pf}$ – variaţia temperaturii păpuşii fixe ($\Delta\theta_{pf} = \theta_f - \theta_i$); în funcţie de construcţia strungului şi caracteristica uleiului de ungere, ΔH variază între 12–26 μm, iar ΔV – între 30–50 μm.

Variaţia temperaturii suportului, batiului şi păpuşii mobile sînt neglijabile (2 – 6°C).

Literatura de specialitate se ocupă de influenţa temperaturii pentru diferite prelucrări mecanice [19].

În vederea micşorării influenţei temperaturii, în legătură cu precizia prelucrării, se recomandă: utilizarea vîrfurilor rotative (eliminarea frecării), îndepărtarea aşchiilor, răcirea cu fluide de răcire-ungere, încălzirea prealabilă a uleiului din păpuşa fixă, dispozitive termostatice (la păpuşa fixă), compensatoare.

2.4.9. INFLUENŢA UZURII SCULEI

Datorită uzurii, sculele aşchietoare îşi pierd dimensiunile de poziţionare faţă de piesă, astfel încît au loc abateri dimensionale şi de formă, pe lîngă faptul că, în urma uzurii, se modifică geometria sculei, creşte frecarea dintre sculă şi piesa prelucrată, are loc încălzirea sculei, vibraţii şi înrăutăţirea suprafeţei prelucrate; ca urmare, uzura sculelor va constitui factorul principal care impune efectuarea de reglări intermediare a sistemului.

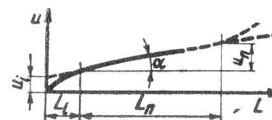


Fig. 2.46. Caracteristica uzurii

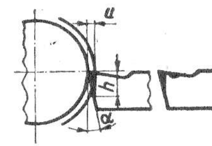


Fig. 2.47. Uzura sculei

Practic, se poate considera că uzura începe o dată cu începutul aşchierii (fig. 2.46); se disting: uzura iniţială U_i, uzura normală U_n şi uzura intensivă. Aşchierea se va opri înainte de uzura intensivă şi, în funcţie de precizie, imediat ce apar abateri în afara condiţiilor tehnice admise.

Abaterea dimensională produsă de uzura sculei, măsurată în direcţia normală la suprafaţa prelucrată (fig. 2.47), se poate calcula cu relaţia aproximativă $u = h \operatorname{tg} \alpha$, în care h reprezintă uzura măsurată pe faţa de aşezare a sculei, iar α – unghiul de aşezare. A. P. Sokolovski arată că relaţia prezintă erori pînă la 40%. De aceea, este recomandat să se utilizeze uzura specifică. În acest caz, uzura dimensională la un moment dat va avea valoarea $u = u_0 L/1\,000$ [μm], în care L reprezintă lungimea efectivă parcursă de tăişul sculei, în m ($L = L_i + L_n$, unde L_i este lungimea de aşchiere corespunzătoare uzurii iniţiale; L_n – lungimea de aşchiere corespunzătoare uzurii normale); u_0 – uzura specifică, μm/m.

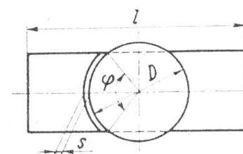


Fig. 2.48. Frezarea frontală

Pentru strunjire, $L = \pi D l/(1\,000\ s)$ [m], unde D şi l sînt diametrul şi respectiv lungimea piesei, mm; s – avansul, mm/rot. Pentru frezare (fig. 2.48), $L = \pi D l \varphi/(1\,000 \cdot s \cdot 360)$ [m], unde: D este diametrul frezei, mm; l – lungimea tehnologică de frezare, mm; φ – unghiul de contact, grd; s – avansul, mm/rot.

Uzura specifică depinde de o serie de factori: $U_0 = C v^{u_1} s^{u_2} t^{u_3} \tau^{u_4}$ unde: v este viteza de aşchiere; s – avansul; t – adîncimea de aşchiere; τ – timpul de aşchiere; $u_1 > u_2 > u_3 >$ şi $u_4 \approx 1$ sînt exponenţi determinaţi experimental (influenţa cea mai mare o are viteza de aşchiere, apoi, în ordine; avansul şi adîncimea de aşchiere); C – coeficient care înglobează restul factorilor (materialul prelucrat, materialul sculei, unghiul de aşezare – de mare importanţă, fluidul de răcire-ungere etc).

2.4.10. INFLUENŢA PROCEDEULUI TEHNOLOGIC

Alegerea procedeului tehnologic se face pe baze economice: preţ de cost, precizie, condiţii de muncă (securitatea muncii). În ceea ce priveşte precizia, se va ţine seama

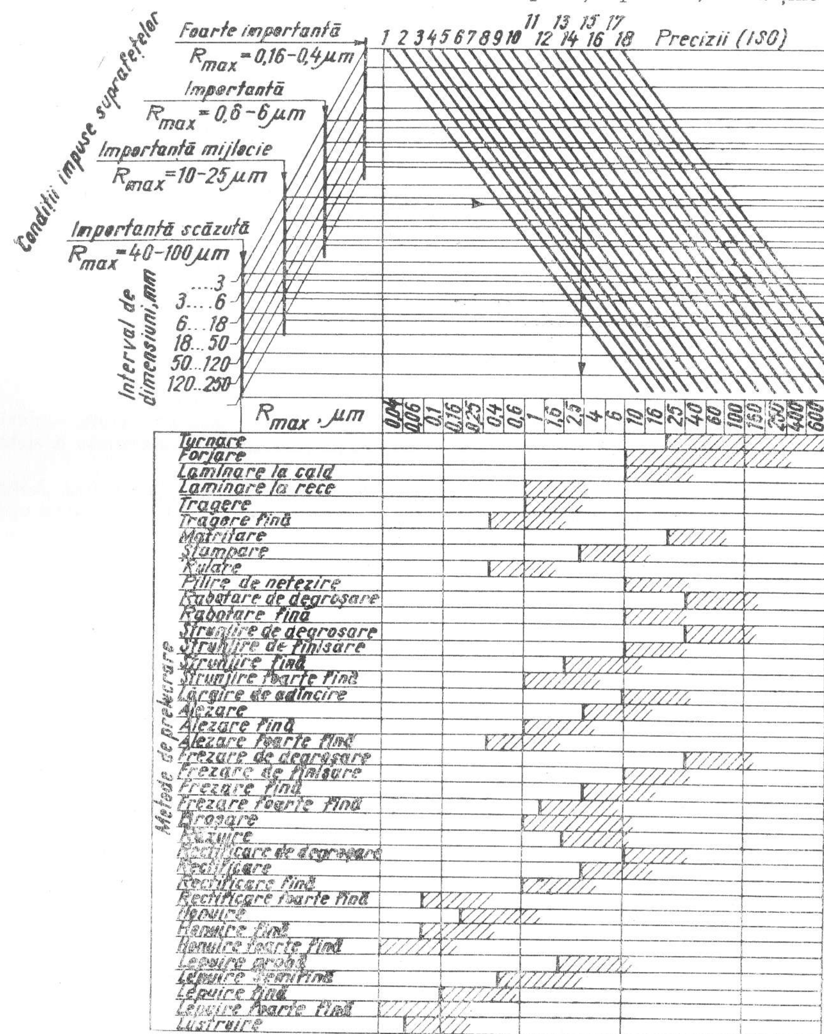


Fig. 2.49. Precizia de prelucrare [4]

de toate abaterile enumerate anterior. Literatura de specialitate dă indicaţii în ceea ce priveşte precizia obţinută la diferite prelucrări (fig. 2.49) [4, I, p. 597].

3. CALITATEA SUPRAFEŢELOR

3.1. IMPORTANŢA CALITĂŢII SUPRAFEŢELOR ELEMENTELOR COMPONENTE ALE UNEI MAŞINI

Calitatea suprafeţelor influenţează rezistenţa la uzură, rezistenţa la oboseală, rezistenţa la coroziune şi comportarea ajustajelor mobile sau fixe, iar în ansamblu — durabilitatea în funcţionare a unei maşini. Problema calităţii suprafeţelor prelucrate se pune mai accentuat în construcţia maşinilor de mare productivitate, a maşinilor automate, a aparatelor de mare precizie.

În afară de asperităţile suprafeţelor şi orientarea neregularităţilor, trebuie să se dea atenţie şi stării fizico-mecanice a stratului superficial.

Calitatea impusă unei suprafeţe — rugozitatea şi proprietăţile fizice — este determinată de rolul funcţional şi condiţiile în care lucrează. Din aceste motive nu este posibil a se indica prescripţii general valabile, fiind necesară analizarea fiecărui caz particular în parte.

3.1.1. INFLUENŢA CALITĂŢII SUPRAFEŢEI ASUPRA REZISTENŢEI LA UZURĂ

Se cunoaşte că fenomenul de uzură a două suprafeţe în contact, avînd o mişcare relativă, este influenţat printre altele şi de calitatea celor două suprafeţe — microgeometria suprafeţelor în frecare şi proprietăţile fizice ale straturilor superficiale.

La asamblarea a două suprafeţe, contactul se va face numai pe o parte a suprafeţei nominale corespunzătoare vîrfurilor neregularităţilor celor două suprafeţe (fig. 3.1).

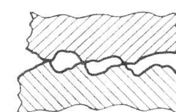


Fig. 3.1. Schema contactului iniţial între două suprafeţe asamblate

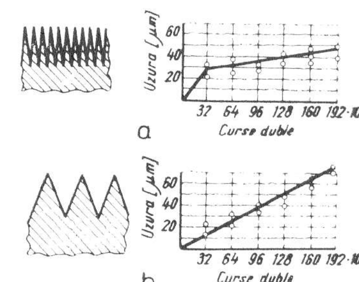


Fig. 3.2. Variaţia uzurii la rodaj în funcţie de grosimea asperităţilor

Între aceste suprafeţe se va produce o presiune de contact foarte mare, care va provoca deformări plastice ale vîrfurilor, urmate de ruperi de metal. Uneori presiunile ating astfel de valori, încît între suprafeţele în contact apar forţe de adeziune moleculară.

Aceste fenomene se produc într-o oarecare măsură şi în cazul în care între cele două suprafeţe se găseşte un lubrifiant, deoarece din cauza presiunii mari, lubrifiantul este expulzat de pe vîrfurile în contact, producîndu-se contactul metalic între suprafeţe.

Valoarea uzurii este determinată, în mare măsură, de forma asperităţilor, care, la rîndul lor, sînt în funcţie de procedeul de prelucrare şi de regimurile de aşchiere. Astfel, în perioada iniţială, uzura se produce mai accentuat în cazul asperităţilor mai subţiri şi mai încet — în cazul asperităţilor mai groase (fig. 3.2). În continuare fenomenul de uzură este mai atenuat.

3.1.2. INFLUENŢA CALITĂŢII SUPRAFEŢEI ASUPRA REZISTENŢEI LA OBOSEALĂ

Rezistenţa la oboseală este determinată în bună măsură de calitatea suprafeţei. Rugozitatea şi starea suprafeţei au influenţă cu atît mai mare, cu cît metalul este mai sensibil faţă de concentrarea tensiunilor interne. În tabelul 3.1 se dau, orientativ,

Tabelul 3.1

Scăderea procentuală a rezistenţei la oboseală în funcţie de prelucrarea suprafeţei, %

Felul prelucrării	Oţel cu rezistenţa la rupere de:		
	47 daN/mm²	95 daN/mm²	142 daN/mm²
Lustruire fină	100	100	100
Lustruire sau suprafinisare	95	93	90
Rectificare sau finisare cu cuţit	93	90	88
Degroşare cu cuţitul	90	80	70
Suprafaţă cu ţunder după laminare	70	50	35

unele valori privind influenţa prelucrării asupra rezistenţei la oboseală. Influenţa rugozităţii suprafeţei şi a regimului de aşchiere asupra rezistenţei la oboseală se poate vedea din figurile 3.3 — 3.5.

3.2. INFLUENŢA PROCESULUI TEHNOLOGIC ASUPRA CALITĂŢII SUPRAFEŢELOR

Problema influenţei procesului tehnologic de prelucrare asupra calităţii suprafeţei este astăzi cercetată tot mai mult, deoarece încă nu se cunoaşte suficient influenţa factorilor care participă la aşchiere, fenomenele şi interdependenţa acestora privind procesul de formare a microneregularităţilor şi proprietăţile stratului superficial.

Dintre factorii şi fenomenele care participă la aşchiere şi care au o pondere mai însemnată se amintesc: procedeul de prelucrare, forma geometrică şi materialul sculei, regimul de aşchiere, proprietăţile elastico-plastice ale materialului prelucrat, rigiditatea

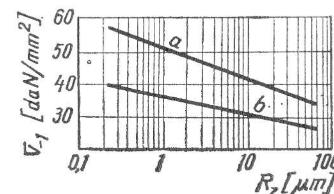


Fig. 3.3. Variaţia rezistenţei la oboseală în funcţie de înălţimea rugozităţii:
a — pentru oţel crom-molibden; *b* — pentru oţel-carbon

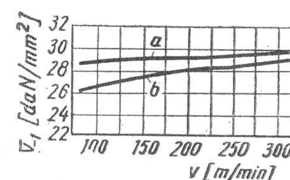


Fig. 3.4. Influenţa vitezei de aşchiere asupra rezistenţei la oboseală:
a — oţel laminat; *b* — oţel recopt (adîncimea de aşchiere t = 0,25 mm, avansul s = 0,07 mm/rot iar unghiul de degajare γ = 0°)

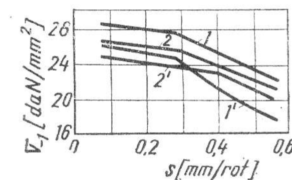


Fig. 3.5. Influenţa avansului asupra rezistenţei la oboseală a oţelurilor:
1 şi *2* pentru v = 80 m/min; *1'* şi *2'* pentru v = 13 m/min (t = 0,5 mm; γ = 15°; raza de rotunjire a vîrfului cuţitului 1 mm)

sistemului elastic maşină-unealtă-dispozitiv-piesă-sculă, poziţia de prelucrare a sculei, fenomenele de frecare, modul de răcire al piesei şi al sculei.

3.2.1. INFLUENŢA PROCESULUI TEHNOLOGIC ASUPRA GRADULUI DE NETEZIME A SUPRAFEŢEI PRELUCRATE

Relaţiile de calcul teoretic al valorii rugozităţii ţinînd seama de elementele geometrice ale sculei sînt date în tabelul 3.2. Deşi acest calcul nu exprimă valoarea reală a rugozităţilor, prezintă interes pentru alegerea regimului de aşchiere în vederea obţinerii unei rugozităţi optime. Trebuie să se ţină seama că, în realitate, rugozităţile vor avea valori mai mari decît cele obţinute din calcul.

Influenţa regimului de aşchiere se poate urmări în fig. 3.6. În tabelul 3.3 se indică regimul de aşchiere la strunjire necesar pentru obţinerea unui anumit grad de netezime. Pentru prelucrările alezajelor prin burghiere, legătura între regimul de aşchiere şi rugozitatea suprafeţei este indicată în fig. 3.7. La operaţia de prelucrare cu freze cilindrice valoarea aproximativă a rugozităţii se poate stabili cu ajutorul diagramei din fig. 3.8.

Influenţa calităţii materialului prelucrat asupra rugozităţii se poate urmări din fig. 3.9, iar variaţia rugozităţii în funcţie de viteza de aşchiere şi structura oţelului — din fig. 3.10.

Tabelul 3.2

Calculul teoretic al rugozităţii maxime ţinînd seama de geometria sculei

Operaţia	Forma sculei	Relaţia de calcul	Observaţii
1	2	3	4
Strunjire		$R_{max} = s \dfrac{\sin\varkappa \sin\varkappa_1}{\sin(\varkappa + \varkappa_1)}$	Relaţia este valabilă şi pentru frezarea frontală
		$R_{max} = r - \sqrt{r^2 - \dfrac{s^2}{4}}$ sau $R_{max} \approx \dfrac{s^2}{8r}$	$\varkappa > \arcsin \dfrac{s}{2r}$ $\varkappa_1 > \arcsin \dfrac{s}{2r}$
		$R_{max} = \dfrac{\sin\varkappa \sin\varkappa_1}{\sin(\varkappa + \varkappa_1)} \left(s - r \operatorname{tg} \dfrac{\varkappa}{2} \operatorname{tg} \dfrac{\varkappa_1}{2} \right)$	$\varkappa < \arcsin \dfrac{s}{2r}$ $\varkappa < \arcsin \dfrac{s}{2r}$
		$R_{max} = r(1 - \cos\varkappa) + s \sin\varkappa \cos\varkappa - \sin\varkappa \sqrt{s \sin\varkappa(2r - s \sin\varkappa_1)}$	

Operaţia	Forma sculei	Relaţia de calcul	Observaţii
Strunjire		$R_{max} = r(1 - \cos\varkappa_1) + s \sin\varkappa_1 \cos\varkappa_1 - \sin\varkappa_1 \sqrt{s \sin\varkappa_1(2r - s \sin\varkappa_1)}$	
Frezare cilindrică		La frezarea contra avansului $R_{max} = \dfrac{\pi^2 R^2 s_z^2}{2(z s_z + 2\pi R)^2}$	z este numărul de dinţi ai frezei; s_z – avansul pe dinte; R – raza frezei
		La frezarea în sensul avansului $R_{max} = \dfrac{\pi^2 R^2 s_z^2}{2(z s_z - 2\pi R)^2}$	

Tabelul 3.2 (continuare)

1	2	3	4
Frezare cilindrică	R, O_1, s_r, O, φ/2, A, t, B, R_{max}, s_r	Relația aproximativă $R_{max} = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{s_r}{2}\right)^2}$	s_r — avansul pe o rotație, mm/rot
Bătaia frezei cilindrice	s_r, V, A, D, B, C, R_{max}	$R_{max} = \frac{s_r^2}{4D}$	

Tabelul 3.3

Gradul de netezime a suprafeței în funcție de regimul de așchiere la strunjire

Raza de rotunjire a vîrfului cuțitului, μm	Gradul de netezime							
	12,5		6,3		3,15		1,6	
	Viteza de așchiere, m/s							
	$v < 1$	$v > 1$	$v < 1$	$v > 1$	$v < 1$	$v > 1$	$v < 1$	$v > 1$
	Avansul s, mm/rot							
500	—	—	—	—	0,08–0,15	0,10–0,15	0,02–0,14	0,03–0,06
1 000	0,20–0,40	0,30–0,50	0,10–0,20	0,12–0,24	0,08–0,20	0,10–0,20	0,03–0,06	0,05–0,08
1 500	0,30–0,60	0,40–0,65	0,25–0,30	0,20–0,40	0,10–0,25	0,15–0,25	0,03–0,06	0,05–0,10
2 000	0,40–0,60	0,50–0,70	0,35–0,40	0,30–0,50	— —	— —	— —	— —

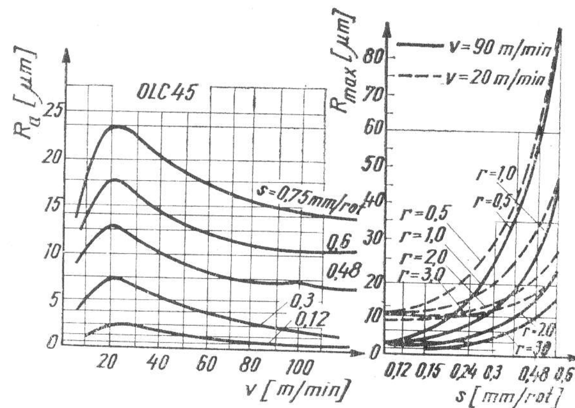


Fig. 3.6. Influența regimului de așchiere asupra netezimii suprafeței

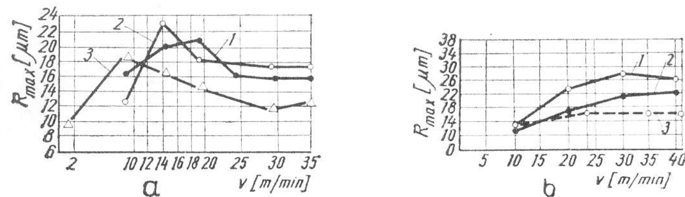


Fig. 3.7. Variația rugozității în funcție de regimul de așchiere:
a — la burghierea OLC 45: *1* pentru $s = 0{,}38$ mm/rot.; *2* pentru $s = 0{,}28$ mm/rot, la ambele răcire cu emulsie; *3* pentru $s = 0{,}28$ mm/rot răcire cu ulei sulfurat; *b* — la adîncire: *1* pentru $s = 0{,}76$ mm/rot; *2* pentru $s = 0{,}52$ mm/rot, la prelucrarea OLC 45; *3* — prelucrarea fontei cenușii

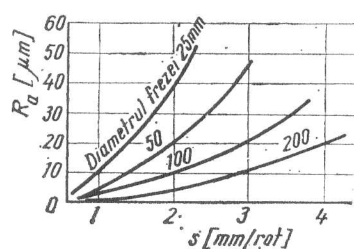


Fig. 3.8. Curbe pentru aprecierea aproximativă a rugozității la prelucrarea cu freze cilindrice

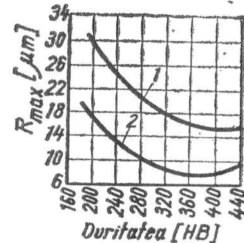


Fig. 3.9. Influența durității materialului prelucrat asupra rugozității:
1 — pentru $v = 0{,}17$ m/s și $s = 0{,}35$ mm/rot; *2* — pentru $v = 0{,}95$ m/s și $s = 0{,}2$ mm/rot

Asupra mărimii rugozității influență însemnată are și modul de răcire, mai ales pentru viteze sub 60 m/min. Cînd există și răcire și ungere se micșorează posibilitatea de depunere a materialului pe muchia de așchiere a sculei (tăiș de depunere) și se obțin suprafețe cu o netezime mai bună (fig. 3.11). La prelucrarea prin rectificare, folosirea

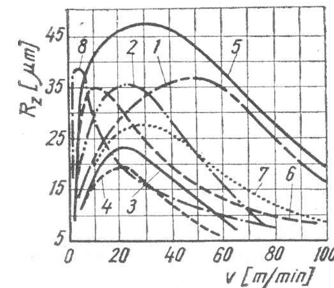


Fig. 3.10. Variația rugozității în funcție de viteza de așchiere și structura oțelului: Oțeluri cu conținut mediu de carbon:
1 — ferită și perlită lamelară; *2* — perlită globulară; *3* — sorbită cu duritate mare; *4* — troostită și sorbită. Oțeluri cu conținut mic de carbon: *5* — ferită și perlită lamelară; *6* — ferită și perlită globulară. Oțeluri cu conținut mare de carbon: *7* — perlită lamelară; *8* — perlită globulară

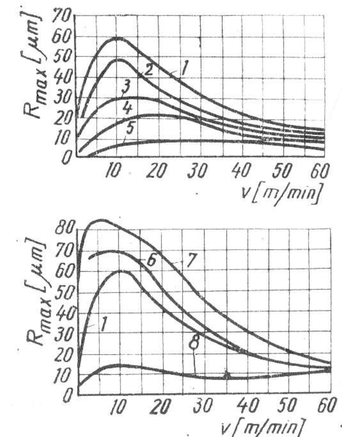


Fig. 3.11. Influența lichidelor de răcire și ungere asupra mărimii rugozității la strunjire:
1 — aer; *2* — ulei; *3* — petrol sulfonat; *4* — petrol lampant; *5* — tetraclorură de carbon; *6* — hidrogen; *7* — azot lichid; *8* — oxigen

lichidelor de răcire are importanță mare pentru evitarea încălzirilor accentuate locale, care duc la modificări nedorite ale structurii materialului.

Este de menționat că la prelucrările de finisare și netezire rugozitatea suprafeței prelucrate este influențată atît de gradul de netezire la care este prelucrată muchia așchietoare a sculei cît și de uzura acesteia în timpul procesului de așchiere.

3.2.2. INFLUENȚA PROCESULUI TEHNOLOGIC ASUPRA PROPRIETĂȚILOR STRATULUI SUPERFICIAL AL SUPRAFEȚEI PRELUCRATE

În stratul superficial al unui material prelucrat se constată modificări ale stării și structurii materialului, determinate de procedeul și procesul de așchiere (fig. 3.12).

În general, se constată o deformare plastică a stratului superficial și o deformare elastică sub acest strat, care duc la crearea unor tensiuni ce modifică proprietățile mecanice ale materialului.

Mărimea stratului de metal ecruisat este determinată de caracteristicile materialului care se prelucrează și de regimul de așchiere folosit. În fig. 3.13 se observă variația gradului de ecruisare (microduritatea) în stratul marginal în funcție de adîncimea de așchiere (fig. 3.13, *a*) și de avansul longitudinal (fig. 3.13, *b*).

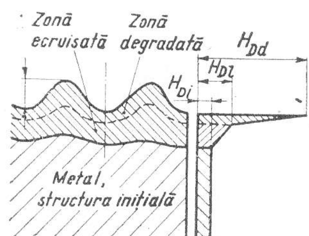


Fig. 3.12. Starea stratului superficial după prelucrare:
H_{Dd} – microduritatea stratului distrus; H_{Dl} – a stratului ecruisat; H_{Di} – inițială

Influența regimului de așchiere asupra adîncimii stratului ecruisat la prelucrările de burghiere, adîncire și alezare este arătată în tabelul 3.4.

Variația adîncimii stratului ecruisat și a microdurității la alezarea frontală a unei piese de oțel este prezentată în fig. 3.14.

Examinînd stratul superficial al unei suprafețe rectificate, se constată o primă zonă de circa $3 \cdot 10^{-4}$ μm care conține o peliculă de gaze absorbite, apoi o zonă de circa $8 \cdot 10^{-3}$ μm, cu cristale deformate și decarburate, cuprinzînd oxizi și nitrați, urmată de o zonă de circa 5 μm compusă din granule deformate și incluziuni de carburi. Acest strat prezintă proprietăți fizico-mecanice scăzute. Folosirea unui regim de așchiere necorespunzător la rectificare atrage după sine încălziri locale accentuate, modificări structurale nedorite, mărirea grosimii stratului cu proprietăți fizico-mecanice

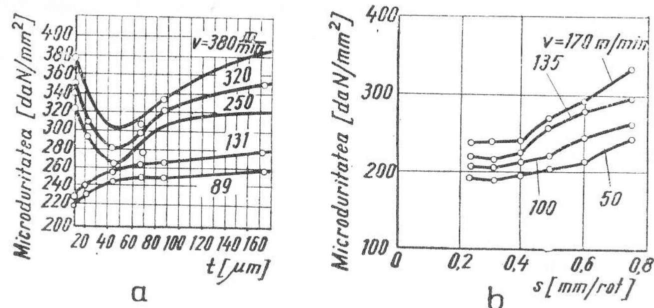


Fig. 3.13. Variația gradului de ecruisare (microdurității) după strunjire în funcție de:
a – adîncimea de așchiere la oțel OLC 60; *b* – avansul longitudinal, la oțel OLC 45

scăzute. Influența proprietăților și a grosimii stratului de metal așchiat asupra adîncimii stratului de metal ecruisat la rectificare este arătată în tabelul 3.5. La rectificarea roților dințate, influența avansului transversal *t* asupra grosimii *h* a stratului modificat se poate urmări în fig. 3.15.

Valori pentru rugozitatea suprafețelor așchiate în cazul diferitelor procedee tehnologice folosite sînt date orientativ în tabelul 3.6.

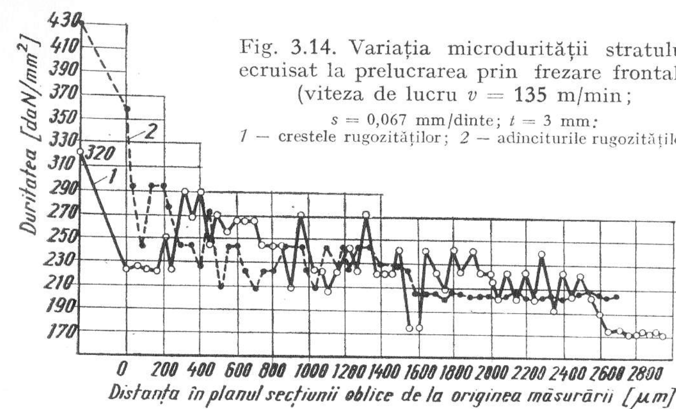


Fig. 3.14. Variația microdurității stratului ecruisat la prelucrarea prin frezare frontală (viteza de lucru v = 135 m/min; s = 0,067 mm/dinte; t = 3 mm; *1* – crestele rugozităților; *2* – adînciturile rugozităților

Tabelul 3.4

Influența regimului de așchiere asupra adîncimii stratului ecruisat la burghiere, adîncire și alezare

Prelucrarea	Regimul de așchiere: s, mm/rot	Regimul de așchiere: v, m/min	Adîncimea de ecruisare h, μm: În lungul crestelor asperităților	Adîncimea de ecruisare h, μm: În lungul adînciturilor asperităților
Burghiere	0,28	10	295	305
	0,28	20	255	300
	0,28	30	235	195
	0,28	40	175	205
	0,09	30	250	225
	0,21	30	237	215
	0,28	30	235	195
	0,52	30	205	185
Adîncire	0,76	10	188	177
	0,76	20	332	324
	0,76	30	200	213
	0,52	20	249	294
	0,52	30	211	215
Alezare	1,24	2	252	360
	1,24	6	252	288
	1,24	10	268	253
	1,24	12	241	257
	1,24	40	227	256
	1,24	57	228	218
	0,39	100	242	215

Tabelul 3.5

Influenţa grosimii stratului aşchiat asupra adîncimii de ecruisare la rectificare

Calitatea sau tipul oţelului		Grosimea stratului aşchiat, μm		Adîncimea stratului de metal ecruisat, μm
		Medie	Maximă	
30 CN 35		0,267	12,3	40
Crom-siliciu		0,268	14,0	50
Crom-nichel-molibden-vanadiu		0,280	14,3	60
Crom-mangan-titan		0,282	15,5	40
13 CN 33		0,326	17,3	50
41 C 10		0,326	18,5	30
15 CO 7		0,417	27,1	40
Mangan	0,2%C şi 0,7–1%Mn	0,423	27,7	60
	0,5%C şi 0,7–1%Mn	0,425	28,1	70
OLC 15–OLC 25		0,437	29,8	60
OLC 45		0,495	40,5	60
Crom-nichel-molibden		0,326	20,2	80

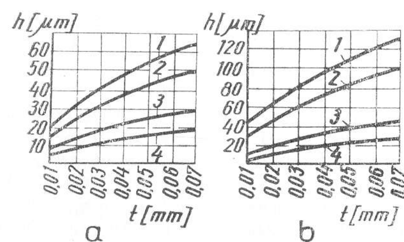


Fig. 3.15. Influenţa avansului transversal la rectificarea roţilor dinţate asupra grosimii stratului ecruisat:

a – procedeul Maag; *b* – procedeul Niles; *1* – capul dintelui; *2* – zona cercului de divizare; *3* – începutul evolventei; *4* – golul dintelui

Tabelul 3.6

Rugozitatea în funcţie de procedeul de prelucrare aplicat

Procedeul de prelucrare	Rugozitatea Ra, μm	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100
Turnare	În nisip												+	+	+
	În coajă										+	+	+		
	În modele de ceară								+	+	+	+			
Forjare	Liberă												+	+	+
	În matriţă											+	+	+	
Tăiere	Cu flacără											+	+	+	+
	Cu ghilotina											+	+	+	+
Strunjire şi rabotare	Degroşare												+	+	+
	Finisare									+	+	+			
	Cu diamant							+	+	+					
Strunjire interioară	Degroşare												+	+	+
	Finisare									+	+	+			
	Cu diamant						+	+	+						
Găurire	–										+	+	+	+	
Alezare	Fină										+				
	Foarte fină							+	+						
Frezare frontală	Degroşare												+	+	+
	Finisare									+	+	+			
	Netezire								+						
Frezare cilindrică	Degroşare												+	+	+
	Finisare								+	+	+	+			

Tabelul 3.6 (continuare)

Procedeul de prelucrare	Rugozitatea Ra, µm	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100
Rectificare	Degroșare								+	+					
	Finisare						+	+							
	Netezire					+	+								
Broșare	Finisare							+	+	+					
	Netezire					+	+								
Lepuire	Seminetedă				+										
	Netedă				+	+									
	Foarte netedă	+	+	+											
Lustruire	Netedă			+	+	+									
	Foarte netedă		+	+											
Honuire	Netedă			+	+	+									
	Foarte netedă	+	+												
Suprafinisare	Netedă			+	+										
	Foarte netedă	+	+												
Electroeroziune	Degroșare													+	+
	Finisare								+	+					
Eroziune anodo-mecanică	Tăiere											+	+	+	
	Profilare					+	+	+	+	+					

3.3. METODE DE CONTROL A CALITĂȚII SUPRAFEȚEI PRELUCRATE

Controlul calității suprafeței prelucrate se referă la evaluarea rugozității suprafeței și a caracteristicilor fizico-mecanice a stratului superficial de metal. Deși se cunosc multe aparate destinate acestui scop, se desfășoară totuși o largă activitate de cercetare pentru a se găsi procedeul cel mai corespunzător pentru anumite condiții concrete, datorită faptului că există o varietate mare de factori care pot să influențeze caracteristicile calitative ale unei suprafețe prelucrate.

Pentru evaluarea rugozității se folosesc următoarele metode principale: prin comparare, prin palpare, optică și pneumatică.

Metoda prin comparare oferă posibilitatea unui control expeditiv. Controlul constă în compararea la microscop (fig. 3.16) a suprafeței prelucrate cu o altă suprafață admisă ca etalon. Metoda se aplică la controlul suprafețelor cu rugozități $R_a > 0{,}32$ µm.

Metoda prin palpare constă în urmărirea de către un palpator a microprofilului suprafeței. Aparatele construite pe acest principiu, după felul cum sînt transmise

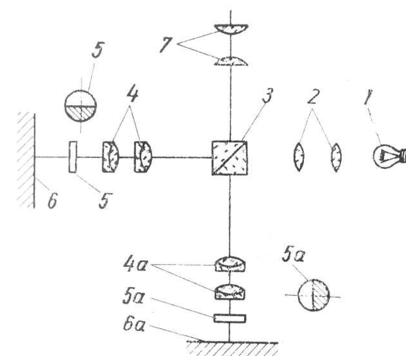


Fig. 3.16. Microscop pentru compararea gradului de netezire:
1 — fascicul de lumină; *2* — lentile; *3* — prismă; *4* și *4 a* obiective; *5* și *5a* — diafragme; *6* — suprafața etalonului; *6a* — suprafața de controlat; 7 — ocular

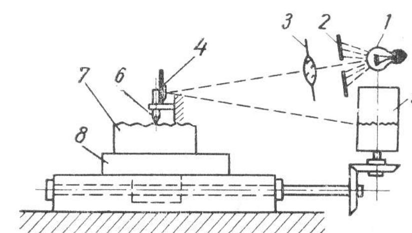


Fig. 3.17. Schema de funcționare a unui profilograf optico-mecanic:
1 — fascicul de lumină; *2* — fantă; *3* — lentilă; *4* — oglindă; *5* — tambur cu hîrtie fotosensibilă; *6* — palpator; *7* — piesă; *8* — masă mobilă

oscilațiile palpatorului, se grupează în profilografe optico-mecanice (fig. 3.17), la care microprofilul se înregistrează sub formă de profilogramă și profilometre, la care valoarea microneregularităților este indicată direct.

Tabelul 3.6 (continuare)

Procedeul de prelucrare	Rugozitatea *Ra*, μm	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100
Rectificare	Degroșare								+	+					
	Finisare						+	+							
	Netezire					+	+								
Broșare	Finisare							+	+	+					
	Netezire					+	+								
Lepuire	Seminetedă				+										
	Netedă				+	+									
	Foarte netedă	+	+	+											
Lustruire	Netedă			+	+	+									
	Foarte netedă		+	+											
Honuire	Netedă			+	+	+									
	Foarte netedă	+	+												
Suprafinisare	Netedă			+	+										
	Foarte netedă	+	+												
Electroeroziune	Degroșare													+	+
	Finisare								+	+					
Eroziune anodo-mecanică	Tăiere											+	+	+	
	Profilare					+	+	+	+	+					

3.3. METODE DE CONTROL A CALITĂȚII SUPRAFEȚEI PRELUCRATE

Controlul calității suprafeței prelucrate se referă la evaluarea rugozității suprafeței și a caracteristicilor fizico-mecanice a stratului superficial de metal. Deși se cunosc multe aparate destinate acestui scop, se desfășoară totuși o largă activitate de cercetare pentru a se găsi procedeul cel mai corespunzător pentru anumite condiții concrete, datorită faptului că există o varietate mare de factori care pot să influențeze caracteristicile calitative ale unei suprafețe prelucrate.

Pentru evaluarea rugozității se folosesc următoarele metode principale: prin comparare, prin palpare, optică și pneumatică.

Metoda prin comparare oferă posibilitatea unui control expeditiv. Controlul constă în compararea la microscop (fig. 3.16) a suprafeței prelucrate cu o altă suprafață admisă ca etalon. Metoda se aplică la controlul suprafețelor cu rugozități $R_a > 0{,}32$ μm.

Metoda prin palpare constă în urmărirea de către un palpator a microprofilului suprafeței. Aparatele construite pe acest principiu, după felul cum sînt transmise

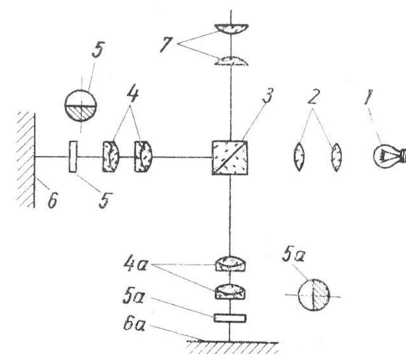


Fig. 3.16. Microscop pentru compararea gradului de netezire:
1 — fascicul de lumină; *2* — lentile; *3* — prismă; *4* și *4 a* obiective; *5* și *5a* — diafragme; *6* — suprafața etalonului; *6a* — suprafața de controlat; 7 — ocular

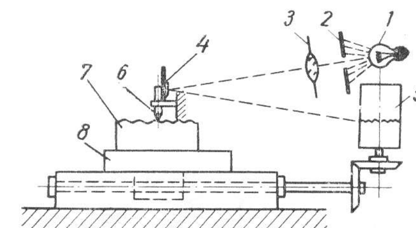


Fig. 3.17. Schema de funcționare a unui profilograf optico-mecanic:
1 — fasciul de lumină; *2* — fantă; *3* — lentilă; *4* — oglindă; *5* — tambur cu hîrtie fotosensibilă; *6* — palpator; *7* — piesă; *8* — masă mobilă

oscilațiile palpatorului, se grupează în profilografe optico-mecanice (fig. 3.17), la care microprofilul se înregistrează sub formă de profilogramă și profilometre, la care valoarea microneregularităților este indicată direct.

Metoda optică se bazează pe principiul secționării luminoase sau pe fenomenul de interferență a luminii. Microscopul Linnik-Schmaltz permite măsurarea rugozităților $R_z = 0{,}8 \ldots 320$ μm iar microinterferometrul Linnik (fig. 3.18) — a rugozităților $R_z = 0{,}05 \ldots 20$ μm.

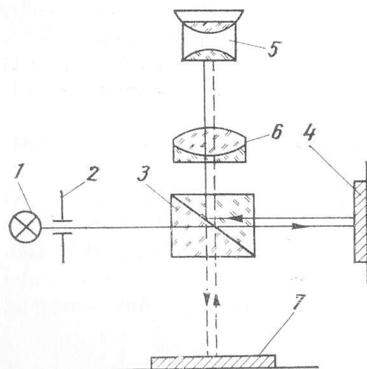
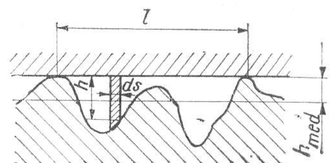


Fig. 3.18. Schema microinterferometrului Linnik:
1 — sursă de lumină; 2 — diafragmă; 3 — prismă dublă; 4 — oglindă; 5 — ocular; 6 — obiectiv; 7 — suprafața de controlat;

Fig. 3.19. Principiul măsurării rugozității prin metoda pneumatică



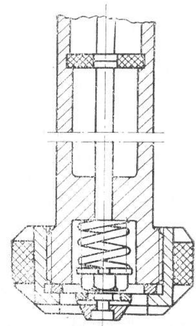


Fig. 3.20. Cap pneumatic de tip ventuză

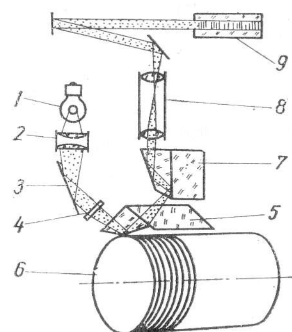


Fig. 3.21. Schema aparatului Visoport:
1 — sursă de lumină; 2 — condensator de lumi-nă; 3 — oglindă; 4 — filtru; 5 — diamant prismatic; 6 — piesă de control; 7 — prismă; 8 — sistem de lentile; 9 — geam mat pe care apar razele de lumină reflectate

Metoda pneumatică se bazează pe faptul că microneregularitățile suprafeței fac ca să nu se realizeze un contact perfect între ajutajul măsurător și suprafață (fig. 3.19). Spațiile rămase permit scurgerea unei anumite cantități de aer, ce permite determinarea în mod obiectiv a rugozității suprafeței. Secțiunea de pierdere a aerului comprimat,

$$A = \int_0^l h\,ds = h_{med}\,l,$$

este direct proporțională cu înălțimea medie h_{med} a rugozităților. În fig. 3.20 se arată construcția unui cap pneumatic de tip ventuză pentru măsurarea rugozității. Această metodă se aplică pentru $R_z = 0{,}4 \ldots 40$ μm.

În scopul determinării portanței unei suprafețe se pot folosi aparate de tip Visport (fig. 3.21).

Tabelul 3.7

Notarea rugozității

	100	50	10	5	1	0,5	0,1 – 0,05	0,01
ANGLIA			500√	160√	32√		4√	
AUSTRIA		▽		▽▽	▽▽▽		▽▽▽▽	
CEHOSLOVACIA		▽		▽▽	▽▽▽		▽▽▽▽	
DANEMARCA	∼	25/▽	8/▽	2,5/▽	0,8/▽	0,25/▽	0,08/▽	0,025/▽
		▽		▽▽	▽▽▽		▽▽▽▽	
R.F.G.		▽		▽▽	▽▽▽		▽▽▽▽	
OLANDA		∼	○	○○	○○○	○●○	●○●	●●●
		√	▽	▽▽	▽▽▽	▽▼▽	▼▽▼	▼▼▼
R.S. ROMÂNIA		25√	8√	2,5√	0,8√	0,25√	0,08√	0,012√
SPANIA		∼	▽	▽▽	▽▽▽		▽▽▽▽	
SUEDIA		>▽	√100	√25	√10	√4	√1,6	√0,[illegible]
			▽▽	▽̄ ▽▽	▽▽̄	▽▽▽	▽▽▽̄	
S.U.A.			500√	160√	32√		4√	
U.R.S.S.		▽1		▽5	▽9		▽14	

Tabelul 3.8

Indicarea orientării urmelor de prelucrare

Simbolul	Interpretarea simbolului	Exemple
=	Rizuri paralele cu planul desenului	Orientarea urmelor; √=
⊥	Rizuri perpendiculare pe planul desenului	Orientarea urmelor; √⊥
X	Rizuri încrucişate, înclinate faţă de planul desenului	Orientarea urmelor; √X
M	Rizuri orientate în mai multe direcţii oarecare	√M
C	Rizuri aproximativ circulare şi concentrice faţă de centrul suprafeţei însemnate	√C
R	Rizuri aproximativ radiale faţă de centrul suprafeţei însemnate	√R

Pentru folosirea unui limbaj comun, notarea rugozităţii suprafeţelor este standardizată (tabelul 3.7). Simbolurile pentru indicarea în documentaţia tehnică a orientării urmelor de prelucrare sînt date în tabelul 3.8.

4. SEMIFABRICATE. ADAOSURI DE PRELUCRARE

Semifabricatele metalice se prezintă în forme foarte variate, determinate de destinaţie şi de metoda de executare. După metoda de obţinere, semifabricatele pot fi clasificate în următoarele categorii: semifabricate turnate din fontă, oţeluri şi metale şi aliaje neferoase; semifabricate obţinute prin deformare plastică din oţeluri, metale şi aliaje neferoase; semifabricate obţinute prin metode combinate; semifabricate sinterizate. Metodele principale de obţinere a semifabricatelor sînt date în tabelul 4.1.

4.1. SEMIFABRICATE OBŢINUTE PRIN TURNARE

Turnarea permite obţinerea de semifabricate într-o gamă largă de tipodimensiuni şi greutăţi. Forma lor este strîns legată de forma pieselor finite.

Clasificarea semifabricatelor turnate se poate face după mai multe criterii: după greutate — uşoare, de greutate medie, grele; după complexitatea formei piesei turnate — simple şi complexe; după tipul formei de turnare — semifabricate executate în forme temporare, semipermanente, permanente; după procedeul de turnare — turnate în forme de pămînt, în forme metalice, centrifugal, sub presiune, prin turnare de precizie în coji de bachelită sau cu modele uşor fuzibile în vid.

Precizia semifabricatelor turnate depinde de procedeu, de calitatea modelului, de modul de formare şi de mărimea pieselor. Calitatea suprafeţelor depinde de calitatea materialului de formare, a materialului de vopsire a formelor şi de metoda de curăţire a semifabricatelor.

Mărimile adaosurilor de prelucrare şi a abaterilor limită pentru piese turnate sînt indicate în standarde (STAS 1592-66; 6287-67; E 6717-63).

4.2. SEMIFABRICATELE OBŢINUTE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

Principalele procedee de obţinere a semifabricatelor prin deformare plastică sînt: laminarea, tragerea, trefilarea, forjarea liberă, forjarea în matriţă (matriţarea), ştanţarea.

Semifabricatele laminate au forme geometrice regulate şi sînt caracterizate printr-o lungime foarte mare în raport cu secţiunea, care poate fi de formă rotundă, pătrată, triunghiulară, hexagonală, octogonală, trapezoidală, semirotundă, ovală, semiovală, lată etc. O altă categorie de laminate sînt formate din: benzi, platbande, table, sîrmă, ţevi, şine, diferite profile cornier, I, T, U, H, Z, UV, profile speciale, laminate periodice

Tabelul 4.1

Metode principale de obţinere a semifabricatelor

Metoda	Procedeul	Dimensiunile sau greutatea		Complexitatea formei obţinute	Precizia de execuţie a semifabricatelor, mm	Calitatea suprafeţei	Materialul	Caracterul producţiei
		Maxime	Minime					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Turnare	Turnare în nisip cu formare manuală	Nelimitate	Grosimea minimă a pereţilor 3—5 mm	Cele mai complicate	1—10, în funcţie de dimensiuni	Foarte grosolană	Aliaje fier-carbon, metale neferoase şi aliajele lor	Individiuală şi în serie mică
	Idem, cu formare mecanică	Pînă la 250 daN	Idem	Idem	1—2	Grosolană	Idem	În serie mare şi în masă
	Idem, cu formare după şablon	Nelimitate	Idem	În special corpuri de rotaţie	4—15, în funcţie de dimensiuni	Foarte grosolană	Idem	Individuală şi în serie mică
	Turnare cu miezuri	Idem	Idem	Cele mai complicate	1—10, în funcţie de dimensiuni	Grosolană	Idem	Individuală, în serie mijlocie şi în masă
	Turnare în forme permanente (cochile)	De obicei pînă la 100 daN	Grosimea pereţilor pentru metale neferoase, 1,5 mm	Simple şi mijlocii, în funcţie de posibilităţile de extragere a piesei turnate din formă	0,1—0,5	Netedă	Idem	În serie mare şi în masă
	Turnare centrifugală	De obicei pînă la 200 daN	Grosimea minimă a pereţilor 3—5 mm	În special corpuri de rotaţie	1—8, în funcţie de dimensiuni	Netedă	Idem	Idem
	Turnare sub presiune	10—16 daN	Grosimea pereţilor: 0,5 mm pentru zinc şi 1,0 mm pentru alte aliaje	Limitată numai de posibilitatea confecţionării formei de turnare	0,05—0,2; în direcţia separării formelor ceva mai mică	Foarte netedă	Aliaje de zinc, aluminiu, magneziu, cupru, staniu şi plumb	În serie mare şi în masă
	Turnare de precizie: — în forme coji de bachelită — cu modele uşor fuzibile	 100 daN 50 daN	 Grosimea pereţilor 0,8 mm 0,15 mm	Foarte complicate	0,05—0,15	Foarte netedă	Aliaje fier-carbon, metale neferoase şi aliajele lor	Individuală, în serie şi în masă

Tabelul 4.1 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Deformare plastică	Laminare	Nelimitate	3–4 mm	Simple	0,4–2,5	Grosolană	Oţeluri, metale neferoase şi aliajele lor	În serie mare şi în masă
	Laminare profilată	De obicei pînă la 50 daN	Grosimea pereţilor pentru aliajele de aluminiu peste 1,5 mm	Simple	0,4–2,5	Grosolană	Idem	Idem
	Trefilare, tragere	100 daN	—	Simple	—		Idem	Idem
	Forjare liberă	Nelimitate	—	Simple	1,5–25	Foarte grosolană	Idem	Individuală şi în serie mică
	Matriţare la ciocan	De obicei pînă la 100 daN	Grosimea pereţilor 2,5 mm	Limitată de posibilitatea executării matriţei	0,4–2,5; în direcţia deschiderii matriţei ceva mai mică	Grosolană	Idem	În serie mijlocie şi în masă
	Matriţare la maşini de forjat orizontale	De obicei pînă la 100 daN	Grosimea pereţilor 2,5 mm	Idem	0,4–2,5; în direcţia deschiderii matriţei ceva mai mică	Grosolană	Idem	În serie mare şi în masă
	Matriţare prin extruziune, fără bavuri	Pînă la diametre de aproximativ 200 mm	Grosimea pereţilor pentru aliajele de aluminiu peste 1,5 mm	Simple	0,2–0,5	Netedă	Idem	Idem
	Matriţarea la prese de calibrare	De obicei pînă la 100 daN	Grosimea pereţilor 1,5 mm	Limitată de posibilitatea executării matriţei	0,4–1,8	Netedă	Idem	Idem
	Calibrarea pieselor matriţate	Idem	Idem	Idem	0,05–0,10	Foarte netedă	Idem	Idem
	Refulare la rece	Pînă la diametre de 25 mm	Diametrul 3,0 mm	Simple	0,1–0,25	Netedă	Oţeluri şi alte materiale cu plasticitate mare	Idem
	Ştanţarea-matriţarea tablelor (decupare)	Grosimea 15 mm	Grosimea 0,1 mm	Complicate	0,05–0,5	Netedă	Toate tipurile de materiale în foi	În serie mare în masă

1	2	3	4
	Debitarea materialelor laminate (bare)		—
Sinterizare	Presarea pulberilor metalice și a grafitului	Aria secțiunii transversale: 100 cm²	Grosimea peretelui 2,0 mm
Presarea materialelor plastice	Presare	Grosimea pereților 8 mm	Grosimea pereților 0,8 mm

etc. Semifabricatele laminate pot fi livrate cu precizie obișnuită sau cu precizie ridicată obținută prin tragere și calibrare. Precizie ridicată se impune cînd se execută ulterior o prelucrare pe mașini-unelte, unde prinderea se realizează cu bucșe extensibile.

Semifabricatele trefilate din oțeluri sau metale și aliaje neferoase se prezintă sub formă de sîrmă (diametre sub 10 mm). Semifabricatele trefilate sînt caracterizate printr-o înaltă precizie a dimensiunilor și a formei. Abaterile limită la dimensiuni și formă sînt cuprinse în limite foarte strînse.

Semifabricatele trase sînt sub formă de bare sau profile de forme variate, din oțeluri sau metale și aliaje neferoase. Îndeplinesc condiții tehnice similare cu produsele trefilate.

Semifabricatele forjate liber, după dimensiuni, se clasifică în semifabricate mici, de mărime mijlocie și mari iar după greutate în semifabricate ușoare, de greutate medie și grele. După importanța lor în exploatare, piesele din oțel forjat se împart în patru categorii (STAS 1097-65): categoria I — piese fără solicitări deosebite; categoria II — piese importante sau piese mari; categoria III — piese foarte importante; categoria IV — piese cu o importanță deosebită.

Condițiile tehnice generale pentru piesele forjate liber din oțel-carbon, oțel de calitate și oțel aliat de construcție, cu grosimi sau diametre de 40—800 mm sînt indicate în STAS 1097-65. Adaosurile de prelucrare și abaterile limită pentru forjarea la ciocane și prese (cu excepția preselor hidraulice), pentru piese de diferite forme sînt date în STAS 2171-64.

Semifabricatele matrițate se clasifică, de asemenea, după dimensiuni și greutate, ca și cele forjate liber. Piesele matrițate din oțel-carbon și oțel aliat, cu masa de 0,250—250 kg/buc. executate pe toate utilajele de matrițat, cu excepția preselor hidraulice, se clasifică în cinci grupe (STAS 1299-67). În cadrul fiecărei grupe de formă se face o

Tabelul 4.1 (continuare)

5	6	7	8	9
Idem	0,5—0,6, funcție de dimensiuni și metoda de debitare	Grosolană	Oțeluri, metale și aliaje neferoase	Individuală, în serie și în masă
Simplă, limitată de forma matriței și de presiune în direcția mișcării poansonului	0,1—0,25 în direcția mișcării poansonului; 0,05 în direcție perpendiculară	Idem	Toate metalele și grafitul	În serie mare și în masă
Limitată numai de posibilitatea confecționării formei	0,05—0,25	Foarte netedă	Materiale plastice cu umplutură fibroasă sau pulverulentă	Idem

subclasificare pe grupe dimensionale. Adaosurile de prelucrare și abaterile limită, precum și alte caracteristici tehnice, cum ar fi cele legate de mărimea bavurilor, sînt date în STAS 7670-66 și STAS 1299-67. Metodele moderne de matrițare pot asigura o foarte mare precizie. De exemplu, la matrițarea de precizie, 0,1—0,2 mm iar la matrițarea de calibrare, 0,03—0,05 mm.

Semifabricatele ștanțate se obțin din table sau benzi de oțel din metale și aliaje sub formă de: fîșii (prin operația de tăiere); bucăți (prin operația de retezare); discuri cu un contur variat (prin operația de decupare). Caracterul producției și precizia asigurată sînt indicate în tabelul 4.1.

4.3. ALTE METODE DE OBȚINERE A SEMIFABRICATELOR

Semifabricatele obținute prin metode combinate au forme complexe. Este rațional ca forma complexă să fie descompusă în părți simple, executate prin metodele obișnuite (turnare, deformare plastică) și asamblate apoi prin sudare. Metoda are avantajul că rezultă un semifabricat mai ușor ca cel turnat, cu calitățile materialelor deformate, ușor de executat și mai economic. O piesă complexă poate fi executată și prin asamblarea unor piese din materiale diferite.

Semifabricatele sinterizate au în general, dimensiuni mici. Se obțin prin metalurgia pulberilor într-o producție de serie mare sau de masă. Au o înaltă precizie și adaosuri de prelucrare foarte mici sau sînt lipsite complet de aceste adaosuri (v. tabelul 4.1). Asemenea semifabricate sînt folosite pentru o serie de organe de mașini, ca: bucșe, cuzineți, roți dințate, segmenți etc.

Semifabricatele din materiale plastice se prezintă sub formă de bare laminate, extrudate sau turnate, plăci (foi) sau piese brute confecţionate prin aceleaşi procedee ca şi barele. Caracteristicile tehnice (compoziţie, forme, dimensiuni, adaosuri de prelucrare şi abateri limită) ale lor sînt specificate în standarde, norme interne, caiete de sarcini şi acorduri între producător şi beneficiar.

4.4. CALCULUL ADAOSURILOR DE PRELUCRARE

Forma finită a unei piese, dimensiunile stabilite prin proiect şi calitatea suprafeţelor se obţin prin mai multe operaţii şi faze de lucru. Începînd de la operaţia de degroşare pînă la aceea de prelucrare foarte fină, se urmăreşte eliminarea succesivă a erorilor de la prelucrarea premergătoare, prin îndepărtarea unor straturi de material, pînă se obţin forma, dimensiunile şi calitatea suprafeţei cerute. Stratul de material îndepărtat formează adaosul de prelucrare.

Stabilirea mărimii adaosului de prelucrare este o problemă deosebit de importantă pentru tehnologia de elaborare a semifabricatului şi de prelucrare mecanică. Dacă se admite un adaos prea mare, se face risipă de material, creşte volumul de muncă la prelucrarea mecanică şi se scumpeşte produsul. Adimiterea unui adaos de prelucrare prea mic poate duce la rebutarea pieselor. Practic, mărimea adaosurilor se stabileşte pe baza unor normative ale întreprinderii sau a standardelor. Este de menţionat însă că acestea dau valori acoperitoare.

Mărimea adaosurilor depinde de foarte mulţi factori, determinaţi de procedeul tehnologic folosit la elaborarea semifabricatului, şi anume de: materialul folosit, mărimea şi greutatea piesei, caracterul producţiei, felul şi numărul operaţiilor şi fazelor de prelucrare, sistemul de bazare etc. Ţinînd seama de toţi aceşti factori, se impune un calcul cît mai exact al mărimilor adaosurilor de prelucrare, astfel ca să se asigure obţinerea preciziei şi a calităţii piesei în condiţiile cele mai economice. În cele ce urmează se expun cîteva consideraţii de care trebuie să se ţină seama la calculul adaosurilor de prelucrare.

Se consideră *adaosul total* de prelucrare, care reprezintă grosimea stratului de material ce se îndepărtează prin prelucrare în toate operaţiile, pînă se obţine dimensiunea finală. Adaosul total conţine deci toate adaosurile necesare între diferitele faze. Mărimea adaosului total indică cu cît trebuie să se majoreze dimensiunile semifabricatului faţă de dimensiunile piesei finite. Pentru fiecare fază trebuie să existe un anumit adaos de prelucrare, care formează *adaosul între faze* şi conţine, ca mărime, numai cantitatea de material care se îndepărtează la faza respectivă. Pentru stabilirea valorii adaosului de prelucrare între faze trebuie să se cunoască dimensiunile piesei corespunzătoare fazei respective.

Adaosurile de prelucrat pot fi simetrice, cazul suprafeţelor exterioare şi interioare de revoluţie, şi asimetrice (adaosul are mărimi diferite pentru suprafeţele opuse), cazul suprafeţelor prismatice.

Deoarece nu se pot da valori precise pentru adaosuri de prelucrare, se admit şi pentru acestea toleranţe. Şi pentru ca să nu se influenţeze mărimea adaosului prin toleranţe, ştiind că acestea se iau întotdeauna în spre material, se vor lua în considerare numai pentru operaţia premergătoare. Aceasta înseamnă că toleranţa pentru adaosul de prelucrare va corespunde cu toleranţa dimensiunii respective. Astfel, toleranţa pentru prima operaţie va fi egală cu toleranţa dimensiunii semifabricatului. Piesele vor avea un adaos minim, cînd la operaţia anterioară s-a înlăturat întreaga valoare a toleranţei iar la cea

următoare se lucrează cu valoarea minimă a toleranţei (fig. 4.1). Adaosul teoretic corespunde unui adaos minim, la care se adaugă toleranţa de la etapa precedentă (fig. 4.1). După fiecare operaţie, dimensiunea stratului de material de adaos scade. De asemenea scade mărimea adaosului de prelucrare de la operaţia de degroşare spre operaţia de prelucrare foarte fină, astfel că la operaţia n, adaosul este mai mic ca la cea n-1. În fig. 4.2 se prezintă schematic succesiunea adaosurilor de prelucrare şi toleranţele.

Alegerea procedeelor tehnologice de elaborare a semifabricatelor şi a procedeelor de prelucrare trebuie să se facă astfel încît să necesite adaosuri de prelucrare optime din punct de vedere economic.

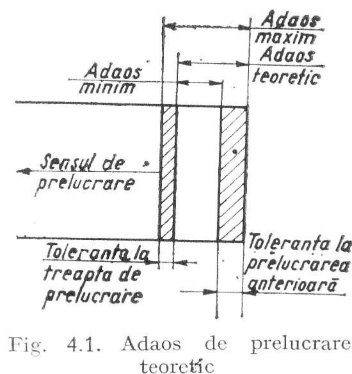
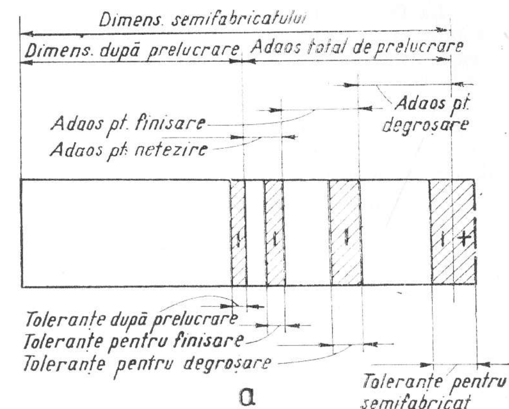


Fig. 4.1. Adaos de prelucrare teoretic



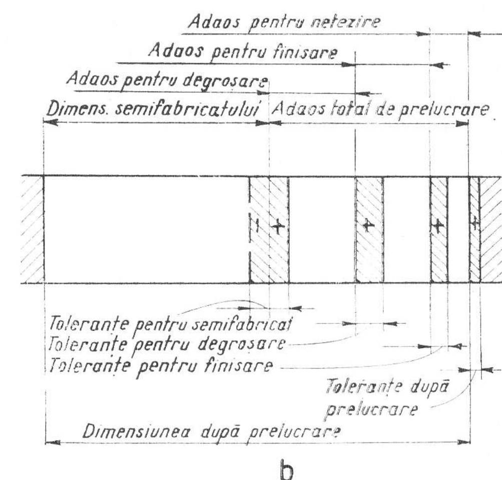


Fig. 4.2. Succesiunea adaosului de prelucrare şi a toleranţelor:
a — pentru arbore; *b* — pentru alezaj

La un adaos mare este necesar un timp mare de prelucrare, adică mai multe treceri, iar la un adaos mic, creşte timpul auxiliar de fixare şi există o posibilitate mai mare de rebut. De asemenea, în cazul unui adaos mare sau în cazul unui adaos mic, prin rebutarea piesei, este necesar un consum mare de scule şi un consum mai mare de energie.

La fiecare procedeu de obținere a semifabricatului sînt elemente specifice de care trebuie să se țină seama. La turnare, de exemplu, trebuie să se ia în considerare calitatea nisipului, procedeul de formare, modelul folosit, calitatea metalului turnat. La forjare și matrițare se iau în considerare: temperatura de încălzire, timpul de încălzire, temperatura de început și de sfîrșit a forjării, procedeul de încălzire folosit, numărul de încălziri, proprietățile materialului.

Elemente importante de care trebuie să se țină seama la calcularea adaosurilor sînt dimensiunile și complexitatea formei pieselor.

Calculul adaosului de prelucrare total. Adaosul total

$$A_t = L_{sf} - L_{pf}, \tag{4.1}$$

unde L_{sf} este dimensiunea semifabricatului iar L_{pf} — dimensiunea piesei finite.

În cazul adaosului simetric, pentru suprafețe de revoluție exterioare

$$A_{ts} = \frac{d_{sf} - d_{pf}}{2}, \tag{4.2}$$

iar pentru suprafețe de revoluție interioare

$$A_{ts} = \frac{d_{pf} - d_{sf}}{2}, \tag{4.3}$$

unde d_{sf} este diametrul semifabricatului iar d_{pf} — diametrul piesei finite.

Calculul adaosurilor intermediare. Între adaosurile de prelucrare A_p și dimensiunile intermediare ale unei piese există relațiile:

În cazul suprafețelor exterioare, pentru adaosuri simetrice

$$2A_{p\,max} = a_{max} - b_{max}, \tag{4.4}$$

iar pentru adaosuri asimetrice

$$A_{p\,max} = a_{max} - b_{max}. \tag{4.5}$$

În cazul suprafețelor interioare, pentru adaosuri simetrice

$$2A_{p\,max} = b_{min} - a_{min}, \tag{4.6}$$

iar pentru adaosuri asimetrice

$$A_{p\,max} = b_{min} - a_{min}, \tag{4.7}$$

În cazul suprafețelor exterioare, pentru adaosuri asimetrice,

$$A_{p\,min} = a_{min} - b_{min} \tag{4.8}$$

iar pentru adaosuri simetrice

$$2A_{p\,min} = a_{min} - b_{min}. \tag{4.9}$$

La suprafețe interioare, pentru adaosuri asimetrice,

$$A_{p\,min} = b_{max} - a_{max}, \tag{4.10}$$

iar pentru adaosuri simetrice

$$2A_{p\,min} = b_{max} - a_{max}, \tag{4.11}$$

unde: a_{max} și a_{min} sînt dimensiunile maxime și minime care se obțin de la faza precedentă de prelucrare iar b_{max} și b_{min} — dimensiunile maxime și minime care se obțin la faza de prelucrare considerată.

La prelucrarea pe mașini-unelte reglate se obține dimensiunea maximă b_{max}, dacă semifabricatul are dimensiunea maximă a_{max} iar adaosul de prelucrare este maxim $A_{p\,max}$, și dimensiunea minimă b_{min}, dacă dimensiunea semifabricatului este minimă a_{min} iar adaosul de prelucrare este minim $A_{p\,min}$.

Dimensiunea maximă se obține adăugînd toleranța la dimensiunea minimă:

$$a_{max} = a_{min} + T_a; \tag{4.12}$$

$$b_{max} = b_{min} + T_b; \tag{4.13}$$

unde T_a este toleranța pentru dimensiunea de la faza precedentă iar T_b — toleranța pentru dimensiunea de la faza considerată.

Înlocuind (4.12) și (4.13) în (4.5) și (4.4), se obțin valorile adaosurilor maxime de prelucrare

$$A_{p\,max} = A_{p\,min} + T_a - T_b, \tag{4.14}$$

în cazul adaosurilor asimetrice și

$$2A_{p\,max} = 2A_{p\,min} + T_a - T_b, \tag{4.15}$$

în cazul adaosurilor simetrice.

Diferența dintre adaosurile maxim și minim este toleranța adaosului de prelucrare:

$$T_A = A_{p\,max} - A_{p\,min}, \tag{4.16}$$

respectiv

$$T_A = 2A_{p\,max} - 2A_{p\,min}. \tag{4.17}$$

În general,

$$A_{t\,max} = A_{t\,min} + T_{sf} - T_{pf}, \tag{4.18}$$

unde $A_{t\,max}$ și $A_{t\,min}$ sînt adaosurile de prelucrare maxim, respectiv minim, iar T_{sf}, T_{pf} — toleranțele semifabricatului, respectiv ale piesei finite.

Calculul adaosului nominal se face ținînd seama de erorile care apar la dimensiunile respective. Pentru suprafețe exterioare, adaosul nominal minim

$$A_{tn} = A_{p\,min} + \omega_{ai} - \omega_{bi}, \tag{4.19}$$

respectiv

$$2A_{tn} = 2A_{p\,min} + \omega'_{ai} - \omega'_{bi}, \tag{4.20}$$

unde ω_{ai}, ω'_{ai} sînt abaterile inferioare ale dimensiunii obținute la prelucrarea precedentă iar ω_{bi}, ω'_{bi} — abaterile inferioare ale dimensiunii la prelucrarea considerată.

Pentru suprafeţele interioare,

$$A_{tn} = A_{p\,min} + \omega_{as} - \omega_{bs}, \tag{4.21}$$

respectiv

$$2A_{tn} = 2A_{p\,min} + \omega'_{as} - \omega'_{bs} \tag{4.22}$$

unde ω_{as}, ω'_{as} sînt abaterile superioare ale dimensiunii de la faza precedentă, iar ω_{bs}, ω'_{bs} — abaterile superioare ale dimensiunii la faza considerată.

La calculul adaosurilor de prelucrare trebuie să se ţină seama şi de abaterile spaţiale (încovoiere, neperpendicularitate, necoaxialitate, excentricitate etc.) care rămîn de la prelucrările precedente şi trebuie eliminate la prelucrarea considerată. În relaţia care dă adaosul de prelucrare se introduce un termen care reprezintă suma vectorială a abaterilor spaţiale orientate după anumite direcţii:

$$\rho = |\bar{\rho}_1 - \bar{\rho}_2|, \tag{4.23}$$

unde $\bar{\rho}_1$ şi $\bar{\rho}_2$ reprezintă abateri spaţiale, orientate sub un anumit unghi. Dacă vectorii $\bar{\rho}_1$ şi $\bar{\rho}_2$ se găsesc pe aceeaşi direcţie şi au acelaşi sens, atunci $|\bar{\rho}| = |\bar{\rho}_1| + |\bar{\rho}_2|$, iar dacă sînt de sens contrar $|\bar{\rho}| = |\bar{\rho}_1| - |\bar{\rho}_2|$.

Deoarece vectorii abaterilor spaţiale pot avea direcţii greu de stabilit, se poate face însumarea după regula rădăcinii pătrate:

$$\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}. \tag{4.24}$$

Deoarece prin faza de prelucrare considerată trebuie să se îndepărteze rugozităţile rămase de la prelucrarea precedentă şi stratul de material degradat, adaosul minim, în cazul adaosurilor simetrice,

$$2A_{p\,min} = T_a + 2(R_{za} + S_{pa}) + 2\sqrt{\rho_a^2 + \omega_{aş\,b}^2}, \tag{4.25}$$

iar în cazul adaosurilor asimetrice

$$A_{p\,min} = T_a + R_{za} + S_{pa} + \sqrt{\rho_a^2 + \omega_{aş\,b}^2}, \tag{4.26}$$

unde R_{za} este rugozitatea maximă a suprafeţei care se prelucrează; S_{pa} — stratul de material degradat de la prelucrarea precedentă; T_a — abaterile spaţiale de la prelucrarea precedentă; $\omega_{aş\,b}$ — abaterile de aşezare la prelucrarea considerată; ρ_a — abaterea spaţială de la prelucrarea anterioară.

La calculul dimensiunilor intermediare se pleacă de la dimensiunea piesei finite şi din aproape în aproape, ţinînd seama de toate fazele de aşchiere pentru care trebuie să se lase adaos de prelucrare, se determină dimensiunea semifabricatelor.

Pentru producţia de unicate, cînd nu se folosesc dispozitive speciale de fixare, relaţia de calcul a abaterilor este similară, cu deosebirea că se înlocuieşte abaterea de aşezare $\omega_{aş}$ prin abaterea datorită modului de verificare ω_v a fixării piesei.

Tabelul 4.2

Valori medii pentru adîncimea stratului degradat al semifabricatelor

Configuraţia	Dimensiunile	Adîncimea stratului mm
Semifabricate turnate din fontă cenuşie		
Simplă	Medii şi mari	1,0
Complicată	Medii	1,5
Complicată	Mari	2,0
Semifabricate din oţel-carbon executate din laminate prin forjare liberă		
Simplă	Mici	1,5
Simplă	Medii şi mari	2,0
Complicată	Mici	2,0
Complicată	Medii şi mari	3,0
Semifabricate din oţel-carbon executate din laminate prin forjare în matriţe închise		
Simplă	Mici şi medii	1,0
Complicată	Mici	1,0
Complicată	Medii	1,5
Semifabricate din oţel aliat executate din laminate prin forjare în matriţe închise		
Simplă	Mici şi medii	0,5
Complicată	Mici	0,5
Complicată	Medii	1,0

Abaterile spaţiale se determină ţinînd seama de factorii care pot introduce abateri şi care sînt caracteristici procesului tehnologic respectiv.

Abaterea spaţială

$$\rho_s = \sqrt{\rho_a^2 + \omega_{aş\,b}^2}.$$

Pentru o secţiune oarecare, abaterile spaţiale datorită curburii semifabricatelor

$$\rho_c = \Delta_c l_c, \qquad (4.27)$$

unde Δ_c este curbura specifică, în μm/mm iar l_c — distanţa de la capătul cel mai apropiat pînă la secţiunea pentru care se determină curbura. În mod similar se va calcula curbura datorită acţiunii forţelor de aşchiere.

Dacă semifabricatele sînt obţinute prin matriţare sau turnare, atunci trebuie să se ţină seama de abaterile ρ_m care pot apărea prin deplasarea matriţei sau formei:

$$\rho_t = |\bar{\rho}_a + \bar{\rho}_{aş\,b} + \bar{\rho}_m|.$$

Abaterile dimensionale ale semifabţicatelor sînt date în standarde de stat.

Valori pentru adîncimea stratului de material degradat se dau în tabelul 4.2. În tabelul 4.3 se dau valori ale curburilor specifice pentru piese cilindrice, în urma diferitelor operaţii de prelucrare. Curbura specifică la barele laminate la rece este de 4—100. μm/mm, pentru bare cu diametrul de 3—70 mm.

Tabelul 4.3

Curbura specifică, μm/mm, a laminatelor cilindrice după diferite operaţii de prelucrare

Prelucrarea	Diametrul laminatelor, mm				
	30	30—50	50—80	80—120	120—180
După strunjirea de degroşare a laminatelor îndreptate	0,15	0,1	0,1	0,05	0,05
După strunjirea de semifinisare	0,01	0,007	0,007	0,004	0,003
După tratamentul termic şi îndreptare	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
După călire cu curenţi de înaltă frecvenţă	0,5	0,4	0,4	0,4	
După rectificarea de degroşare a pieselor călite şi îndreptate	0,06	0,05	0,05	0,05	
După rectificarea de degroşare a pieselor călite cu curenţi de înaltă frecvenţă	0,03	0,03	0,03	0,03	

5. PROBLEME TEHNICO-ORGANIZATORICE. NORME ŞI NORMATIVE

5.1. IMPORTANŢA NORMELOR DE TIMP PENTRU ORGANIZAREA ŞTIINŢIFICĂ A PRODUCŢIEI ŞI A MUNCII

În desfăşurarea unui proces de producţie, normarea muncii este o necesitate obiectivă pentru organizarea ştiinţifică a producţiei, deoarece permite stabilirea, în mod ştiinţific, a cantităţii de muncă necesară pentru executarea unor lucrări sau îndeplinirea unor funcţii, în anumite condiţii tehnico-organizatorice.

Obiectul activităţii de normare a muncii îl formează elaborarea metodologiei şi practicii pentru stabilirea normelor pe bază de studii, generalizarea şi introducerea metodelor mai înaintate de muncă, folosirea raţională a timpului de lucru, a mijloacelor de muncă şi a obiectului muncii.

Prin caracterul ei de a studia folosirea raţională a timpului, normarea muncii scoate în evidenţă posibilităţile de folosire a noi resurse pentru creşterea productivităţii muncii, de folosire în acest sens a progresului tehnic şi de perfecţionare a producţiei şi a muncii.

Studiul muncii trebuie să se facă ţinîndu-se seama de condiţiile concrete, de posibilităţile de îmbunătăţire a acestor condiţii şi de aplicarea practică a tehnologiei înaintate. De exemplu, etapele indicate a fi folosite la studiul muncii de către „Bureu international de travail" — Geneva sînt cele arătate în fig. 5.1.

5.2. IMPORTANŢA DIMENSIUNILOR ŞI A FORMEI CONSTRUCTIVE ASUPRA TEHNOLOGICITĂŢII

Pentru prelucrarea unei piese se foloseşte o anumită cantitate de timp, care depinde de mai mulţi factori, dintre care mai importanţi sînt: dimensiunile piesei, forma constructivă, procedeele tehnologice alese, precizia de prelucrare. Forma constructivă şi dimensiunile sînt determinate la proiectare, din condiţiile de rezistenţă şi de funcţionare.

La proiectarea unei maşini se cere, de obicei, să se obţină o eficacitate maximă şi o siguranţă în funcţionare. Din punct de vedere economic însă construcţia trebuie să se realizeze cu un consum minim de material şi cu un volum redus de muncă.

Dimensiunile constructive şi forma au influenţă hotărîtoare atît asupra consumului de material, cît şi asupra volumului de muncă, ceea ce se exprimă prin tehnologicitatea construcţiei respective. Condiţiile principale pentru aprecierea tehnologicităţii unei piese se referă la: forma optimă cît mai simplă; asigurarea unei greutăţi minime; alegerea

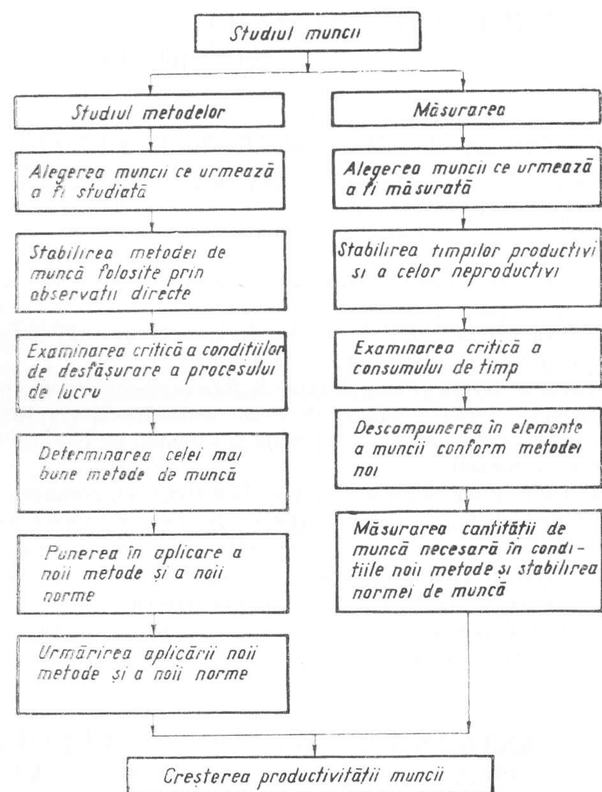


Fig. 5.1. Etapele pentru studiul muncii după „Bureau international du travail"

semifabricatelor astfel încît să aibă adaosuri de prelucrare cît mai mici; folosirea unei variaţii minime de calităţi de materiale; folosirea materialelor celor mai corespunzătoare; folosirea optimă a toleranţelor; folosirea construcţiilor standardizate şi tipizate.

Cîteva exemple de influenţă a formei constructive asupra tehnologicităţii sînt date în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1

Exemple de forme constructive corecte şi incorecte

Semifabricat	Incorect	Corect
Turnat		
Forjat		

5.3. INFLUENŢA SEMIFABRICATULUI ASUPRA ECONOMICITĂŢII TEHNOLOGIEI DE PRELUCRARE

Semifabricatul se stabileşte la proiectare, cînd se indică şi procedeul tehnologic de obţinere. Procedeul tehnologic este determinat de o serie de factori, dintre care se amintesc: proprietăţile materialului, dimensiunile şi forma piesei finite, volumul producţiei. De procedeul tehnologic depind forma şi dimensiunile semifabricatului, măsura în care acesta va avea forma apropiată de cea a piesei finite, mărimea adaosurilor de prelucrare, prelucrabilitatea etc.

Procedeul de obţinere a semifabricatului determină tehnologia de prelucrare. În funcţie de aceasta şi de precizia de prelucrare impusă se stabilesc felul operaţiilor, numărul succesiunea lor, utilajul necesar pentru prelucrare.

Din punct de vedere economic, la stabilirea procedeului tehnologic se ţine seama de cheltuielile de elaborare a semifabricatulni şi a prelucrărilor necesare pînă la forma finită, ştiind că acestea se influenţează reciproc. Un semifabricat elaborat la dimensiuni apropiate de cele finite costă mai mult, dar prelucrarea ulterioară va fi mai economică. În acest sens se ţine seama de volumul producţiei, de existenţa utilajului necesar, de cheltuielile de investiţii, de posibilităţile folosirii tehnologiilor înaintate şi de toţi factorii care pot influenţa calitatea şi economicitatea produsului.

Pentru piesele prelucrate direct din laminate se cere stabilirea formei, dimensiunilor şi toleranţelor pentru materialul laminat.

Exemple care arată influenţa procedeului de obţinere a semifabricatului asupra gradului de utilizare a materialului sînt date în tabelul 5.2.

5.4. NORME DE PRODUCŢIE ŞI NORME DE TIMP

Prin norma de producţie se exprimă cantitatea de produse executată în unitatea de timp, în condiţii determinate. Norma de producţie se exprimă în unităţi naturale: bucăţi, unităţi de lungime, unităţi de masă etc.

Norma de timp reprezintă durata de timp necesară pentru executarea unui produs, în anumite condiţii tehnico-organizatorice. Norma de timp se poate exprima prin durata unui schimb, a unei ore, a unui minut sau a unei fracţiuni de minut. Norma de timp fi stabilită pentru o întreagă operaţie sau pentru elementele componente: fază, mînuire, mişcare complexă sau mişcare simplă.

Între norma de producţie N şi norma de timp t_n există relaţia funcţională

$$N = \frac{1}{t_n}. \tag{5.1}$$

La stabilirea normelor de producţie sau de timp cu motivare tehnică trebuie să se ţină seama de următoarele principii: utilizarea raţională şi completă a mijloacelor tehnice, pe baza analizei elementelor componente ale procesului tehnologic şi folosirea celor mai productive metode; organizarea raţională a muncii; crearea de condiţii pentru desfăşurarea optimă a procesului de producţie; organizarea deservirii locului de lucru; pregătirea profesională corespunzătoare a normatorului.

Tabelul 5.2

Influenţa procedeului de obţinere a semifabricatului asupra gradului de utilizare a materialului

Forma constructivă	Coeficientul de folosire a materialului			
	Laminare	Forjare liberă	Forjare în matriţă deschisă	Forjare în matriţă închisă
	0,66	0,53	—	0,59
	0,34	0,30	0,40	0,52
	0,26	0,31	0,54	0,64
	0,19	0,24	0,37	0,45
	0,29	0,26	0,48	0,56
	0,18	0,17	0,38	0,63

În industria constructoare de maşini se foloseşte în general, norma de timp.

În condiţiile progresului tehnic, normele de timp trebuie să fie întocmite pe baza cercetărilor ştiinţifice, şi nu pe baza experienţei întîmplătoare.

Structura normei de timp cu motivare tehnică se arată schematic în fig. 5.2. Timpii componenţi ai normei de timp sînt: timpul unitar t_u, care reprezintă timpul de muncă

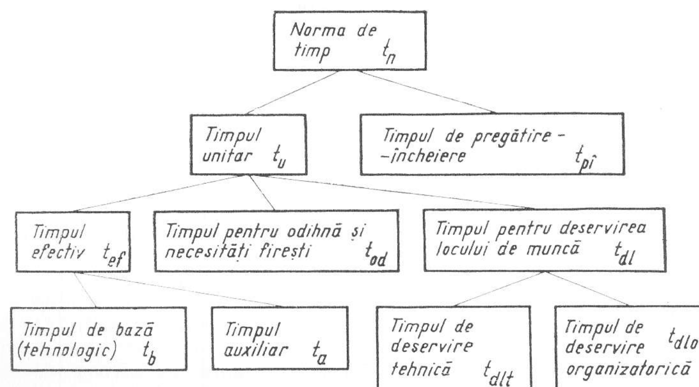


Fig. 5.2. Structura unei norme de timp

necesar pentru prelucrarea unui produs, format din timpul de bază t_b, timpul auxiliar t_a, timpul de deservire a locului de muncă t_{dl} şi timpul întreruperilor pentru odihnă şi necesităţi fiziologice ale muncitorului t_{od}.

Timpul efectiv sau timpul operativ este timpul folosit pentru executarea operaţiilor de prelucrare a unei piese. El se compune din timpul de bază, în decursul căruia are loc modificarea aspectului, formei, stării sau aşezării reciproce a obiectului muncii precum şi din timpul auxiliar, necesar fixării pieselor, opririi şi pornirii maşinii-unelte, schimbării numărului de rotaţii, schimbării sculelor, apropierii şi îndepărtării sculei, măsurării dimensiunilor, deplasării piesei etc. Este de remarcat faptul că o parte din timpul auxiliar poate să coincidă cu timpul de bază, iar o altă parte nu. Aceea parte a timpului auxiliar care se suprapune cu timpul de bază nu se cuprinde în norma de timp. Din punctul de vedere al modului de efectuare a operaţiei, timpul de bază şi cel auxiliar poate fi:

— mecanic, atunci cînd lucrul se execută de maşină, muncitorul avînd numai sarcina de supraveghere;

— mecanic-manual, cînd o parte din mînuiri le execută muncitorul;

— manual, cînd toate mînuirile le execută muncitorul.

Timpul de deservire a locului de muncă este timpul consumat pentru asigurarea condiţiilor de lucru. Acest timp se împarte în: timp pentru deservirea tehnică şi timpul pentru deservirea organizatorică a locului de muncă.

Timpul de deservire tehnică cuprinde: înlocuirea sculei, reglarea dispozitivelor, reglarea periodică la dimensiune a sculelor, îndepărtarea aşchiilor etc.

Timpul de deservire organizatorică cuprinde: curăţirea şi ungerea utilajului, pregătirea documentelor şi sculelor înainte şi după terminarea lucrului etc.

Timpul de pregătire-încheiere t_{pi} nu se cuprinde în timpul unitar. Acesta se referă la lucrările efectuate de muncitor înainte şi după terminarea prelucrării unui lot de piese. În acest timp sînt cuprinse: studiul documentaţiei, prelucrarea instrucţiunilor, primirea şi predarea sculelor şi dispozitivelor, predarea şi primirea materialului respectiv pieselor, reglarea maşinii-unelte etc.

5.5. METODE DE DETERMINARE A NORMELOR DE TIMP

Consideraţii generale. La determinarea normelor de timp trebuie să se ţină seama ca acestea să fie reale, să se poată aplica practic în condiţiile concrete de muncă, să asigure creşterea productivităţii şi a calităţii produselor.

Norma de timp, ca şi tehnologia în general, diferă după caracteristica producţiei şi a proceselor tehnologice folosite.

Elaborarea normelor de timp trebuie să se facă plecîndu-se de la aplicarea tehnicii înaintate, precum şi de la posibilităţile mijloacelor tehnice şi organizatorice. Metodele folosite la stabilirea normelor de timp trebuie să contribuie la descoperirea rezervelor de îmbunătăţire a productivităţii muncii.

Pentru stabilirea normelor se pot folosi: metoda experimentală statistică, metoda comparativă sau metoda analitică.

Primele două metode nu au bază tehnică de calcul, norma stabilită depinzînd de experienţa normatorului sau de justeţea datelor statistice.

Metoda analitică are la bază o analiză profundă a procesului de muncă pe elemente componente. Prin această analiză trebuie să se găsească posibilitatea unui consum minim de timp, prin eliminarea tuturor mînuirilor şi mişcărilor inutile.

Etapele pentru elaborarea unei norme de timp cuprind: studiul şi analiza procesului tehnologic; proiectarea unei structuri raţionale a operaţiei, atît prin conţinutul elementelor de lucru, cît şi prin cel al elementelor tehnologice; elaborarea normelor tehnico-organizatorice pentru îmbunătăţirea structurii operaţiei; determinarea normei de timp pentru fiecare element şi pentru toată operaţia.

La determinarea normei de timp trebuie să se ţină seama de condiţiile tehnico-organizatorice şi de particularităţile pe care le prezintă procesul de producţie, diferind de la producţia de unicate, la cea de serie sau de masă.

Observarea prin cronometrare a timpului de lucru necesar. Prin cronometrare se fac studii asupra elementelor componente ale timpului necesar, pentru executarea unei operaţii sau numai a unei părţi din operaţie. Observaţiile prin cronometrare se fac asupra elementelor componente ale operaţiei care se efectuează ciclic, acestea corespunzînd de fapt cu timpul efectiv necesar pentru efectuarea unei părţi sau a întregii operaţii.

Prin cronometrare se fac şi măsurări asupra timpilor de bază şi a timpilor auxiliar pentru întocmirea normelor sau verificarea normelor stabilite anterior.

Pregătirea cronometrării se începe prin studierea procesului tehnologic. Se fac verificări la locul de lucru asupra: maşinii-unelte, dispozitivelor şi sculelor folosite; organizării locului de lucru; condiţiilor în care se desfăşoară lucrul (iluminat, încălzire, ordine şi curăţenie etc.).

După separarea din fişa tehnologică sau din planul de operaţii a elementelor ciclice asupra cărora se va face observaţia, în continuare, se va studia: succesiunea fazelor, descompunîndu-se în mişcări şi mînuiri; regimul de lucru prevăzut. Pe baza acestor studii se propune, dacă este cazul, îmbunătăţirea tehnologiei de prelucrare.

După efectuarea cronometrării se analizează rezultatele şi se trece la stabilirea normei de timp.

Tabelul 5.3

FIŞA DE CRONOMETRARE Nr.

Întreprinderea

Normator:
Controlat:

Data .... ora începerii .... ora terminării ....

PIESA ŞI LUCRAREA	LUCRĂTORUL	MAŞINA
Denumirea	Numele	Denumirea
Reper	Nr. fişă	Tipul
Material	Specialitatea	Dimensiunea
Caracteristicile materialului	Stagiu în meserie	Puterea
Denumirea operaţiei	Stagiu la lucrarea dată	Alte observaţii
Operaţia nr.	Nr. maşinilor deservite	
Cantitatea pe comandă		
Categoria lucrării	Categoria lucrării	
De la a cîta piesă s-a început observaţia	Media îndeplinirii normei pe 3 luni	Media îndeplinirii normei pe timpul observat
Scule şi dispozitive conform planului de operaţii	Schiţa de fixare a piesei sau organizarea locului de lucru	Organizarea lucrului
Existent		Distribuirea lucrului
		Aprovizionarea cu materiale
		Aprovizionarea cu scule
		Există plan de operaţii?
Lipsă		Normă calculată / Normă cronometrată / Normă acordată
		Semnătura normatorului / Semnătura maistrului / Aprobat

Tabelul 5.3 (continuare)

Nr. crt.	Fazele operaţiei: Ce determină limita fazelor		Nr. de ordine al observaţiilor: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total: Nr. de observaţii	Durata medie: de maşină	Durata medie: de mînă
			Timpul observaţiilor, min												
	Început	D													
		C													
		D													
		C													
		D													
		C													
		D	Terminat												
Întreruperi nenormate	Început											Cauzele			
	Terminat														
	Durata														

Regimul de lucru

Nr. crt. faza	Lungimea L, mm	Diametrul D, mm	Turaţia n rot/min	Viteza v, m/min	Avansul s mm/rot	Adîncimea t mm	Verificat rezultat

Observaţiile prin cronometrare se fac asupra unui muncitor cu productivitate bună. Începerea observaţiilor se face, de obicei, după 1,5—2 ore de la începerea lucrului şi se termină de asemenea înainte de sfîrşitul schimbului de lucru cu 1,5—2 ore. Dacă cronometrarea se face pentru o producţie în serie sau de masă, atunci începerea observaţiilor se face numai după ce s-a lucrat un număr de 5—10 zile. În fişa de cronometrare (tabelul 5.3) se notează numai momentul de la începutul şi sfîrşitul elementului cronometrat, deoarece în cazul elementelor care se succed, sfîrşitul unuia corespunde cu începutul celui următor.

Numărul de observaţii este determinat de durata fenomenului. În tabelul 5.4 sînt indicate numărul de măsurări recomandate pentru cronometrare în funcţie de durata operaţiei.

Tabelul 5.4

Numărul de măsurări recomandate pentru cronometrare în funcţie de durata operaţiei

Caracterul muncii	Numărul de măsurări pentru aceeaşi operaţie care durează, min:			
	1	1—5	5—10	10
Supraveghere utilaj	15—25	10—15	8—10	6—8
Operaţie manuală	30	20	15	10
Operaţie manuală şi mecanică	30—40	20—30	15—20	10—15
Operaţie mecanică	20	15	10	8

După terminarea observaţiilor se verifică dacă procesul de lucru, operaţia de cronometrare şi succesiunea mînuirilor au fost bine întocmite, dacă regimul de lucru a fost corect, dacă s-a ţinut seama de suprapunerile posibile ale timpului auxiliar cu timpul de maşină. Se trece apoi la stabilirea timpului unitar folosind în acest scop un formular (tabelul 5.5).

Observarea consumului de timp prin fotografiere. Prin fotografiere se urmăreşte cunoaşterea felului cum se consumă timpul disponibil într-o anumită perioadă sau pentru o anumită lucrare. Observaţiile se pot referi la unul sau la mai mulţi muncitori sau alte categorii de salariaţi, la utilaje sau la obiectul muncii. Observaţiile pot să se facă în decursul unui schimb sau al unei părţi din schimb.

Prin fotografiere se pot constata deficienţele din punct de vedere organizatoric şi tehnic. Începerea observaţiilor se va face o dată cu începerea schimbului şi se încheie la sfîrşitul schimbului sau al lucrării, dacă se referă la o lucrare oarecare.

Observaţiile se notează într-o fişă (tabelul 5.6) astfel ca să se poată uşor determina durata fiecărei acţiuni la care ia parte muncitorul, fie că este productivă sau neproductivă. Prelucrarea datelor din fişele de observaţii începe cu categorisirea timpilor. Aceasta se face în aşa fel încît să se poată scoate în evidenţă cît mai bine felul cum s-a cheltuit timpul în perioada observată (tabelul 5.7).

Tabelul 5.5

0000	000	00	90	80	70	60	50	40	30	20	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

Întreprinderea	FOAIE PENTRU CALCULUL TIMPILOR (prelucrare de piese)	Produsul	Simbolul	Pag.

Secţia	Material	Caracteristicile materialului	Denumirea piesei	Reper

Atelier	Greutatea piesei	Nr. de buc. în serie	Nr. buc. prelucr. simultan	Deserv.	Gr/Cat.	Denumirea operaţiei	Nr. operaţiei	Total operaţii

Maşina	Caracteristicile maşinii	Dispozitive	Răcire

Nr. fazei	Denumirea fazei	Scule	Regimul					Dimensiunile				Norma		Bază de calcul
			t	s	v	n	i	l_c	l_p	d	δ	t_b	t_a	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Timp de bază t_b		De calculul timpilor răspund solidar calculatorul şi şeful biroului
Timp auxiliar t_a		
Timp efectiv $t_b + t_a = t_{ef}$		
Timp de deservire: Deservire tehnică, % din t_b t_{dlt}		
Timp de deservire: Deserv. organizatorică, % din t_{ef} t_{dlo}		
Timp unitar (pe buc) $t_{ef} + t_{dlt} + t_{dlo} = t_u$		
Timp de pregătire-încheiere t_{pi}		

t este adîncimea de aşchiere, mm;
s — avansul, mm/rot (cursă);
v — viteza de aşchiere, m/min;
n — turaţia, rot/min;
d — diametrul;
i — numărul de treceri succesive
l_c — lungimea de calcul a piesei
l_p — lungimea de prelucrare
δ — toleranţa de prelucrare

	Data	Numele	Semnătura
Desfăşurat tehnolog			
Văzut tehnolog şef			
Calculat normator			
Văzut normator şef			

Tabelul 5.6

Secția			Fișă pentru fotografierea zilei de lucru, nr.			
Data	Schimbul	Începutul observării	Sfîrșitul observării	Durata	Numărul paginilor	Observatorul

Lucrătorul						Mașina			Muncă		
Nr. crt.	Numele	Clasa de salarizare	Stagiul	Profesia	Caracterizare	Denumirea și tipul	Nr. de inventar	Mărimea	Piesa produsă	Operația	Categoria

O b s e r v ă r i

Nr. crt.	Lucrătorul	1		2		3		4		5			Observații
	Ce s-a observat	Ora curentă	Durata min	Ora curentă	Durata min	Ora curentă	Durata min	Ora curentă	Durata min	Ora curentă	Durata min	Indicile	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	Începutul observării												

Observări instantanee asupra folosirii timpului de lucru. Metoda constă, spre deosebire de fotografiere, din observări spontane sau instantanee, normatorul trecînd de mai multe ori pe la locul de muncă respectiv. Numărul de observări este de data aceasta mult mai mare, două sau trei observări, pentru a se putea trage concluzii cît mai reale. Metoda prezintă avantajul că se pot face mai multe observări de către un singur normator la mai multe locuri de muncă. În construcția de mașini numărul minim de observări instantanee se apreciază la 300.

Pentru obținerea unui anumit grad de precizie se poate stabili, pe baza teoriei erorilor din statistica matematică, numărul optim de observări cu relația

$$n = \frac{4(1-p)}{y^2 p}, \tag{5.2}$$

în care: n este numărul de observări; y — eroarea maximă, p — probabilitatea evenimentului.

Pentru p și y se stabilesc anticipat valori, care pentru industria constructoare de mașini sînt: $p = 0{,}7...0{,}9$ și $y = \pm\,0{,}01...0{,}10$. Numărul optim de observări necesare în funcție de p și y este dat în tabelul 5.8.

Studiul muncii prin sistemul MTM (Methode Time Measurement). Această metodă se bazează pe studiul legăturii care există între mișcările efectuate de un executant și timpul necesar realizării lor. Metoda are o largă răspîndire în toate țările dezvoltate și prezintă avantajul că se determină mai precis și mai rapid timpul necesar pentru efectuarea unei munci, este ușor accesibilă și de aplicat practic și ține seama de toți factorii care prestează și influențează procesul muncii.

Unitățile de bază folosite la măsurarea timpului TMU (Time measurement unit):

$$1\ \text{TMU} = \frac{1}{100\,000}\ \text{h} = \frac{36}{10\,000}\ \text{min} = \frac{36}{1\,000}\ \text{s}.$$

În vederea studiului mișcărilor de bază, acestea s-au clasificat și codificat (tabelul 5.9).

În lucrări de specialitate sînt dați timpii măsurați în unități TMU (1/100 000 ore) adaptați de MTM Association for Standards and research. Pentru aplicarea acestei metode sînt necesare studii de adaptare la condițiile concrete și specificul țării respective.

5.6. NORMAREA TEHNICĂ LA MAȘINI-UNELTE

Normarea tehnică la prelucrarea pe mașini-unelte, pe lîngă stabilirea normei de lucru sau de producție, dă posibilitatea aprecierii eficienței, deci a economicității procesului tehnologic folosit.

Factorul principal care determină valoarea normei de lucru la un anumit tip de mașină este regimul de așchiere. La rîndul său, acesta depinde de o serie de factori, cum sînt: prelucrabilitatea materialului, proprietățile așchietoare ale sculelor, durabilitatea sculei etc. La stabilirea regimului de așchiere trebuie să se cunoască posibilitățile folosirii capacității optime a mașinii.

Tabelul 5.7

Fişă de analiză a fotografierii locului de muncă nr.

Data	Secţia	Obiectul	Muncitorul sau secţia	Observatorul

Categoriile timpului de lucru				Bilanţul timpului de lucru			
Indicii	Denumirea categoriei	Denumirea cheltuielilor timpului de lucru	Indice	Suma duratelor după observări, om/min	Nr. lucrătorilor	Timpul mediu min/om	% din total
PI	Pregătire		t_1				
ME	Muncă efectivă	Muncă de bază Muncă auxiliară	t_2 t_3				
DL	Deservirea locului de muncă	Organizatorică Tehnică	t_4 t_5				
OD	Odihnă	Odihnă-masă Necesităţi fireşti	t_6				
Timpul total al încărcării utile							
PN	Pierderi	Munci neproductive	t_7				
IO	Întreruperi	Tehn. organizatorice	t_8				
PL	Pierderi	Ce depind de muncitor	t_9				
Timpul total al pierderilor							
	Total general						

C o n c l u z i i

Asupra fotografierii zilei de lucru din fişa de analiză nr.

Procentul timpului efectiv	Procentul pierderilor ce depind de lucrător	Procentul pierderilor ce nu depind de lucrător
$K_1 = \frac{t_2 + t_3}{T} \cdot 100$	$K_2 = \frac{t_6 real - t_6 regl. + t_9}{T} \cdot 100$	$K_3 = \frac{t_7 + t_8}{T} \cdot 100$

Creşterea posibilă a productivităţii muncii

Prin înlăturarea pierderilor tehnice şi organizatorice a muncii neproductive	Prin înlăturarea pierderilor ce depind de lucrător şi a odihnei nereglementare
$M_1 = \frac{t_7 + t_8}{t_1 + t_2 + t_3 + t_5 + t_6 \text{ reglementar}} .100$	$M_2 = \frac{t_6 \text{ real} - t_6 \text{ reglementar} + t_9}{t_1 + t_2 + t_3 + t_5 + t_6 \text{ reglementar}} \cdot 100$

Creşterea posibilă a productivităţii muncii $M = M_1 + M_2 =$ %

Data	A observat	A verificat

Tabelul 5.8

Numărul optim de observații necesare

p \ y	0,01	0.02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
0,55	32730	8180	3640	2050	1310	910	667	510	405	375
0,60	26670	6670	2960	1670	1070	740	545	415	300	265
0,65	21540	5390	2396	1350	860	600	440	335	265	215
0,70	17140	4285	1900	1070	685	475	350	265	210	170
0,75	13330	3370	1480	835	535	370	270	210	163	135
0,80	10000	2520	1110	625	400	275	205	155	125	100
0,85	7060	1765	785	440	280	195	145	110	87	71
0,99	4440	1110	495	280	175	125	90	69	55	45

Tabelul 5.9

Mișcările de bază cuprinse în sistemul MTM

Mișcările de bază	Felul mișcării	Simbolul
Mișcările de bază ale membrelor superioare	Întinde mîna Deplasează Rotește manivela Întoarcere Aplică presiune Apucă Dă drumul Potrivește Desprinde	R (Reach) M (Move) C (Crankingy) T (Turn) AP (Apply Pressure) G (Grasp) RL (Releaseload) P (Position) D (Disengage)

Tabelul 5.9 (continuare)

Mișcările de bază	Felul mișcării	Simbolul
Mișcările de bază ale ochilor	Deplasează privirea Ațintește privirea	ET (Eye Travel) EF (Eye Focus)
Mișcările de bază ale corpului și ale membrelor inferioare	Mișcarea labei piciorului Mișcarea gambei sau a pulpei Merge Face un pas lateral Întoarce corpul Se așază Se ridică Se înclină Se ridică din poziția înclinat Se apleacă Se ridică din poziția aplecat Îngenunchează Se ridică din poziția îngenunchiat	FM (Foot Motion) LM (Leg Motion) W (Walk) SS (Side Step) TB (Torn Body) SIT (Sit) STD (Stand from Sitting Position) B (Bend) AB (Aris from Bend Position) S (Stoop) As (Arise from Stop Position) K (Kneel) AK (Arise Kneel)

De asemenea se va lua în considerare durabilitatea economică a sculei. Aceasta se poate scrie ținînd seama de cheltuielile de fabricație și întreținere sub forma:

$$T_{ec} = \frac{1-m}{m}\left(\frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + C_3}{C_1}\right) \text{ [min]} \tag{5.3}$$

în care: t_1 este timpul de reglare, min; t_2 — timpul de ascuțire, min; C_1 — costul unui minut pentru reglare, lei/min; C_2 — costul unui minut pentru ascuțire, lei/min;

$$C_3 = \frac{C_0}{R};$$

C_0 — costul sculei, lei/buc; R — numărul de reascuțiri pe care le admite scula; m — indicele durabilității relative cu valori între 1/3 și 1/10.

Sub formă mai restrînsă, durabilitatea economică

$$T_{ec} = \frac{1-m}{m} C_{ex}, \tag{5.4}$$

unde C_{ex} reprezintă cheltuielile de exploatare a sculei. La alegerea regimului de așchiere trebuie să se țină seama că între viteza v, durabilitatea economică și capacitatea de așchiere există o interdependență (fig. 5.3).

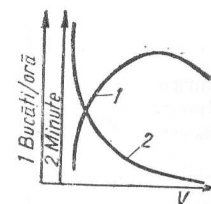


Fig. 5.3. Interdependența dintre durabilitatea economică (curba 2) și capacitatea de așchiere (curba 1)

Pentru calculul timpului de bază se folosesc relațiile de calcul date în tabelul 5.10.

Tabelul 5.10

Relații pentru calculul timpului de bază t_b

Operația	Relația	Observații
1	2	3
Strunjire	$t_b = \frac{L}{ns} i$	L este lungimea totală a cursei de lucru, mm; $L = l + l_1 + l_2$; l — lungimea de strunjire, mm; l_1 — cursa de apropiere a sculei, mm; l_2 — cursa de ieșire a sculei din așchiere, mm; n — turație, rot/min; s — avansul longitudinal, mm/rot; i — numărul de treceri
Frezare	$t_b = \frac{L}{ns} i$	$L = l + l_1 + l_2$ — lungimea totală a cursei de lucru, mm; l este lungimea de frezat, mm; l_1 — cursa de pătrundere, mm; $l_1 = \sqrt{t(D-t)}$, pentru freze cilindrice; $l_1 = 0,5\ (D - \sqrt{D^2 - B^2})$, pentru freze frontale; D — diametrul frezei, mm; B — lățimea de frezat, mm; t — grosimea adaosului așchiat, mm; $l_2 = (0,03...0,05)D$ — cursa la ieșire, mm; n — turația frezei, rot/min; s — avansul pe turație, $\frac{mm}{rot}$; i — numărul de treceri;
Găurire Adîncire Alezare	$t_b = \frac{L}{ns} i$	n este turația sculei sau piesei, după procedeul folosit, $\frac{rot}{min}$;
Rabotare	$t_b = \frac{BL}{1\,000\, s v_a} \cdot \left(1 + \frac{v_a}{v_g}\right) i$	v_a este viteza la cursa activă, m/min; v_g — viteza la cursa în gol, m/min; B — lățimea totală, mm; $B = b + b_1 + b_2$; b — lățimea efectivă de prelucrat, mm; b_1 — apropierea; b_2 — ieșirea, mm; s — avansul pe cursă dublă, $\frac{mm}{cd}$

Tabelul 5.10 (continuare)

1		2	3
Frezarea roților dințate cu freză melc		$t_b = \frac{Lz}{n_f s_r q k}$	$L = l + l_1 + l_2$; $l_1 = \frac{\sqrt{t(D-t)}}{\cos \varphi}$, unde φ este unghiul de pantă al frezei; l_2 este lungimea cursei la ieșire, mm; z — numărul de dinți; n_f — turația frezei, rot/min; s_r — avansul pe o rotație, $\frac{mm}{rot}$; q — numărul de începuturi ale frezei; k — numărul de roți ce se prelucrează simultan
Mortezarea roților dințate		$t_b = \frac{z m \pi}{s_{cd}\, n} + \frac{h}{s_{pătr}\, n}$	n este numărul de curse duble pe minut, cd/min; $h = 2,17\ m + (0,4...0,6)$ [mm]; s_{cd} = avansul la o cursă dublă, $\frac{mm}{cd}$; $s_{pătr}$ = avansul de pătrundere, $\frac{mm}{cd}$; m — modulul roții
Frezarea roților melcate	Cu avans radial	$t_b = \frac{1,35\ hz}{s_r\, n_f\, q}$	h este înălțimea dintelui, mm; z — numărul de dinți; n_f — turația frezei, rot/min; s_r — avansul radial, mm/rot; s_t — avansul tangențial, mm; φ — unghiul de înclinare al danturii; q — numărul de începuturi ale frezei
	Cu avans tangențial	$t_b = \frac{zm\left(1,5\sqrt{z} + \frac{z}{2}\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2} + 1,1\operatorname{cotg}\frac{\varphi}{2}\right)}{s_t n_f q}$	

Tabelul 5.10 (continuare)

1	2	3
Rectificare	Cilindrică $t_b = \frac{L}{ns} \cdot \frac{a_p}{s_t} k$ Plană frontală $t_b = \frac{La_p}{v_s s_t \, 1000} k$ Plană periferică $t_b = \frac{2(B+2b)\, La_p}{1\,000 \; v_s s_p s_t} k$	L este lungimea cursei, mm; a_p — adaosul de prelucrare, mm; s_t — adaosul transversal la o cursă, mm; B — lățimea de prelucrat, mm; k — coeficient; $k = 1,1...1,7$; v_s — viteza mesei, m/min; s_p — avansul lateral la o cursă dublă, mm/cd; b — lățimea discului abraziv, mm

Observație. În acest tabel s-a notat prin cd, numărul de curse duble.

5.7. NORMATIVE DE PRODUCȚIE

Pentru stabilirea normelor tehnice de timp prin metoda analitică de calcul se folosesc normativele pentru normarea tehnică.

Metodele de elaborarea normativelor și conținutul acestora se stabilesc în funcție de destinația și tipul producției. Astfel, pentru producția de masă, normativele se stabilesc făcîndu-se o diferențiere mai accentuată a mînuirilor. La producția de serie se pot face pe mînuiri mai complexe.

Normativele pot fi pe uzină, pe ramură sau pe mai multe ramuri industriale sub formă de tabele.

Normativele pentru normarea tehnică trebuie să fie elaborate în condițiile aplicării unor procese tehnologice optime, ținîndu-se seama de toți factorii care pot influența valoarea lor.

Pentru stabilirea timpului normat se pot folosi mai multe metode. Metoda care exprimă cu o mai mare exactitate norma de timp și care se poate folosi la elaborarea normativelor unificate este metoda celor mai mici pătrate. Aceasta constă în exprimarea legăturii între variabila independentă x și valoarea normativă y. Dacă funcția care exprimă legătura între x și y este de forma $y = ax + b$, se poate scrie sistemul

$$bn + a\sum_{i=1}^{n} x_i = \sum_{i=1}^{n} y_i; \tag{5.5}$$

$$b\sum_{i=1}^{n} x_i + a\sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i, \tag{5.6}$$

n care n este numărul datelor rezultate din experimentări.

Rezolvînd sistemul, se obține:

$$a = \frac{n\sum x_i y_i - \sum x_i y_i}{n\sum x_i^2 - \sum x_i^2}; \tag{5.7}$$

$$b = \frac{\sum x_i^2 y_i - \sum x_i y_i \sum x_i}{n\sum x_i^2 - \sum x_i^2}. \tag{5.8}$$

Dacă funcția care exprimă legătura între elemente are forma

$$y = mx^k, \tag{5.9}$$

atunci prin logaritmare se obține sistemul:

$$(\log m)\, n + k\sum_{i=1}^{n} \log x_i = \sum_{i=1}^{n} \log y_i; \tag{5.10}$$

$$(\log m)\sum_{i=1}^{n} \log x_i + k\sum_{i=1}^{n} (\log x_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} (\log x_i \log y_i). \tag{5.11}$$

Notînd $\sum_{i=1}^{n} \log x_i = A$; $\sum_{i=1}^{n} \log y_i = B$; $\sum_{i=1}^{n} (\log x_i)^2 = C$ și $\sum_{i=1}^{n} (\log x_i \log y_i) = D$,

sistemul se poate scrie astfel:

$$(\log m)\; n + kA = B; \tag{5.12}$$

$$(\log m)\; A + kC = D. \tag{5.13}$$

Rezolvînd acest sistem, se obține:

$$\log m = \frac{BC - DA}{nC - A^2}; \tag{5.14}$$

$$k = \frac{B - n\log m}{A}. \tag{5.15}$$

6. PRINCIPII DE AUTOMATIZARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

6.1. OBIECTUL AUTOMATICII. TERMINOLOGIE

Prin automatizare se urmărește realizarea conducerii proceselor tehnice fără participarea omului, cu ajutorul unor dispozitive corespunzătoare de conducere automată — dispozitive de automatizare.

Pentru realizarea dispozitivelor de automatizare, automatica utilizează elemente specifice sau elemente ale altor discipline tehnice, adaptîndu-le sau combinîndu-le în legături capabile să îndeplinească funcțiile caracteristice dispozitivelor de automatizare.

Definiția automaticii ca știință, a elementelor componente ale sistemelor automate și ale dispozitivelor de automatizare, a mărimilor funcționale caracteristice și a altor noțiuni specifice ale sistemelor automate și a funcționării lor sînt cuprinse în STAS 6019-67. AUTOMATICA. Terminologie.

6.2. REPREZENTAREA CONVENȚIONALĂ A SISTEMELOR AUTOMATE ȘI A ELEMENTELOR LOR COMPONENTE

6.2.1. REPREZENTAREA ELEMENTELOR ȘI SEMNALELOR

În schemele de reprezentare a sistemelor automate elementele componente ale acestora, legăturile dintre ele și semnalele ce se transmit prin aceste legături se reprezintă prin semne convenționale.

Semnele convenționale și simbolurile literare aferente utilizate pentru reprezentarea elementelor de automatizare sînt cuprinse în: STAS 6019-67 — AUTOMATICĂ. Terminologie; STAS 6755-67 — AUTOMATICĂ. Semne convenționale pentru măsurare, reglare și comandă; STAS 8061-67 — AUTOMATICĂ. Semne convenționale pentru elementele și dispozitivele logice ale sistemelor de comutație statică.

Semne convenționale se găsesc, de asemenea, și în alte standarde, ca de exemplu: STAS 1590-64 — Semne convenționale fundamentale și electrotehnice; STAS 2877-64 — Aparate de conectare.

6.2.2. REPREZENTAREA SISTEMELOR AUTOMATE

Scheme principiale. Schema principială este o reprezentare a modului în care sînt legate între ele părțile componente ale unui sistem, care facilitează înțelegerea funcționării elementelor în cadrul sistemului și a acestuia în ansamblu. În schemele principiale (fig. 6.1), părțile componente ale elementelor sistemului sînt reprezentate punînd în evidență înlănțuirea lor funcțională, neglijîndu-se poziția lor relativă în spațiu.

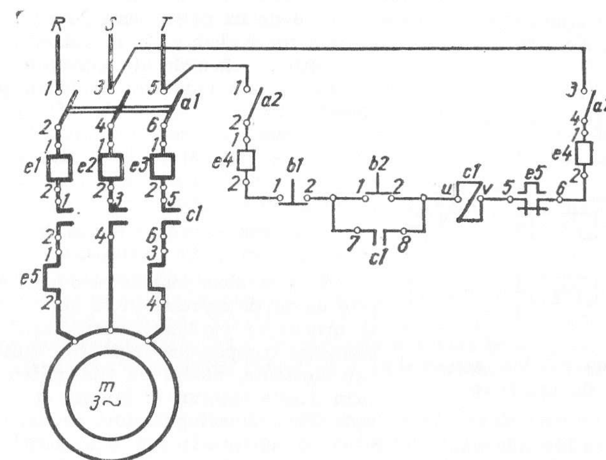


Fig. 6.1. Schema principială a unui sistem automat de comandă a pornirii și opririi unei acționări electromecanice cu motor asincron trifazat, cu rotorul în scurtcircuit

În scopul ușurării citirii, desenarea schemelor se face ținînd seama de prevederile STAS 7070-64 — Scheme de automatizare. În continuare se dau cîteva reguli pentru întocmirea documentației tehnice desenate:

— circuitele principale se trasează cu linii groase;
— circuitele de comandă se trasează cu linii subțiri;
— elementele (contacte) aparatelor se reprezintă în stare normală, adică în starea corespunzătoare lipsei unei acțiuni exterioare (tensiune, curent, acțiune mecanică etc.), asupra aparatelor respective;
— elementele mașinilor și aparatelor primesc o notație simbolică, urmată de un număr de ordine;
— bornele diferitelor elemente ale schemei se numerotează cu litere sau cifre și litere; conductorii de legătură se marchează de asemenea.

Explicarea, cu ajutorul schemelor principiale a modului de funcționare a sistemelor automate se face în ordinea următoare:

— se arată care sînt operațiile pregătitoare de punere în funcție a sistemului (închiderea întrerupătoarelor a_1 și a_2);

— se explică starea elementelor după operaţiile pregătitoare: *b1* (*1,2*) — închis, *b2* (*1,2*) — deschis, *c1* (*U*, *V*) — fără tensiune etc;

— se arată operaţia sau acţiunea care pune sau scoate sistemul din funcţie: apăsarea pe butonul *b 2* (*1,2*) sau *b1* (*1,2*);

— se explică efectele acţiunii de punere în funcţiune, în ordinea succesiunii lor cauzale: *c1* (*U,V*) — sub tensiune, *c1* (*7.8*) — se închide, *c1*(*1,2*), *c1* (*3,4*), *c1* (*5,6*) — se închid, asigurînd alimentarea motorului *m* şi, deci, pornirea etc.

Scheme de montare. Schemele de montare pot fi scheme de conexiuni şi scheme de cablare.

Schema de conexiuni constituie desenul de execuţie pentru realizarea legăturilor dintre aparate. Aceasta trebuie să cuprindă toate elementele necesare pentru realizarea instalaţiei. Schemele de conexiuni se întocmesc pe unităţi de montare: tablouri, pupitre de comandă etc.

Schemele de cablare cuprind ansamblurile şi elementele instalaţiei de automatizare, desenate sub formă de blocuri, ca şi legăturile prin cabluri şi conducte dintre acestea.

Schemele de conexiuni şi de cablare se execută conform STAS 7070-64.

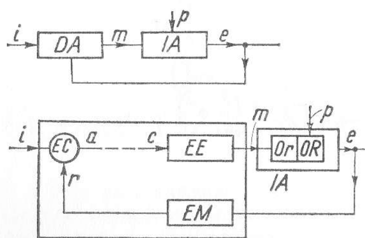


Fig. 6.2. Schemele bloc ale unui sistem de urmărire

Scheme-bloc. Schema bloc (schema structurală) este modul de reprezentare a unui sistem prin care se urmăreşte explicarea structurii lui: părţi şi elemente componente legăturile dintre aceste părţi sau elemente, modul de transmitere a informaţiei prin aceste legături şi funcţia elementelor în sistem. Pentru exemplificare, în fig. 6.2 sînt reprezentate schemele bloc ale unui sistem de urmărire. În fig. 6.2, *a* este reprezentată schema bloc generală, exprimînd interacţiunea dintre dispozitivul de automatizare *DA* şi instalaţia automatizată *IA*, cît şi acţiunile care se exercită asupra acestora (*i* — mărimea de intrare urmărită; *m* — mărime de execuţie; *p* — mărime de perturbaţie; *e* — mărimea de ieşire care urmăreşte mărimea de intrare *i*).

În fig. 6.2, *b* este reprezentată o schemă bloc mai amănunţită, indicînd elementele componente (*EC* — element de comparare; *EE* — element de execuţie; *Or* — organ de reglare; *OR* — obiect reglat; *EM* — element de măsurare) şi acţiunile care se exercită asupra acestor elemente de către ele (*a* — mărime de acţionare; *c* — mărime de conducere; *r* — mărime de reacţie etc.).

6.3. STRUCTURA ŞI PRINCIPIILE DE FUNCŢIONARE A SISTEMELOR AUTOMATE

6.3.1. SISTEME AUTOMATE ÎN CIRCUIT DESCHIS

Din această clasă fac parte sistemele automate în care dispozitivul de automatizare acţionează asupra instalaţiei automatizate, determinîndu-i starea, iar instalaţia automatizată nu influenţează dispozitivul de automatizare. Schema-bloc simplificată a acestor sisteme este reprezentată în fig. 6.3.

6.3.1.1. SISTEME AUTOMATE ÎN CIRCUIT DESCHIS COMBINAŢIONALE (DE COMANDĂ DIRECTĂ). Fac parte din această categorie sistemele în care unei combinaţii date a valorilor sau stărilor mărimilor de intrare îi corespunde o combinaţie dată a valorilor sau stărilor mărimilor de execuţie a dispozitivului de automatizare şi corespunzător, a valorilor mărimilor de ieşire ale instalaţiei de automatizare. Un exemplu de sistem automat combinaţional îl constituie sistemul de comandă a cărui schemă principială a fost considerată în fig. 6.1. Sistemul automat respectiv este *combinaţional*, în sensul arătat mai sus, deoarece unei anumite combinaţii a mărimilor de intrare — starea contactelor *b 1* (*1,2*), *b 2* (*1,2*) şi starea bimetalelor *e 5* (*1,2*) şi *e5* (*3,4*) ale releului de protecţie împotriva suprasarcinilor — îi corespunde o acţiune determinată a dispozitivului de automatizare: alimentarea sau întreruperea alimentării motorului acţionării prin intermediul contactelor *c1* (*1,2*), *c1* (*3,4*), *c1* (*5,6*) ale contactorului *c1*.

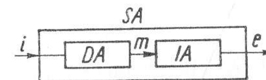


Fig. 6.3. Schema bloc generală (simplificată) a sistemelor automate în circuit deschis

Dispozitivele de automatizare a sistemelor combinaţionale îndeplinesc funcţii logice de conducere, în sensul că exercită o acţiune sau alta în funcţie de faptul dacă mărimile de intrare îndeplinesc o anumită condiţie logică (există simultan, există unele şi nu există altele etc.). Aşa, de exemplu, în cazul sistemului de acţionare din fig. 6.1, dispozitivul de automatizare va comanda, prin contactele lui *c1* (*1,2*), *c1* (*3,4*), *c1* (*5,6*), motorul de acţionare *m* numai dacă este satisfăcută următoarea condiţie (condiţionare logică): este sau a fost acţionat butonul *b2* (*1,2*), nu este acţionat butonul *b1* (*1,2*) şi sarcina motorului nu depăşeşte o anumită limită care ar determina deschiderea contactului *e5* (*5,6*).

În exemplul considerat, condiţionările logice sînt realizate de către circuitele realizate cu contactele aparatelor de comandă şi protecţie. Circuitul respectiv este un circuit logic sau un dispozitiv logic.

Elemente logice ale sistemelor automate combinaţionale. Se numesc logice acele elemente care realizează o interdependenţă logică între semnalele de la ieşirea lor şi cele de la intrare, în sensul că semnalele de la ieşire există sau nu există în funcţie de faptul dacă semnalele de la intrare îndeplinesc sau nu o condiţie logică. Aşa, de exemplu, circuitul reprezentat în fig. 6.4 este un element logic, deoarece tensiunea *F* de la ieşirea lui (bornele *5*;*2*) există numai dacă există simultan acţiunile *A* şi *B* (mărimi de intrare), care determină închiderea contactelor *1*;*3* şi *3*;*5*. Funcţia logică realizată de către circuitul din fig. 6.4 este *funcţia logică ŞI*.

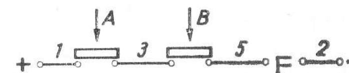


Fig. 6.4. Circuit logic *ŞI*, cu contacte

Elementele logice, indiferent de natura lor fizică, au la intrare şi ieşire valori discrete, şi anume două nivele ale semnalelor (mărimilor) respective, care, în mod convenţional, sînt considerate unul *zero* (*0*) şi altul *unu* (*1*). Valorile *0* şi *1* ale semnalelor de ieşire depind de valorile *0* şi *1* ale semnalelor de intrare şi de funcţia logică pe care o îndeplineşte elementul considerat. Aşa, de exemplu, în cazul circuitului *ŞI* (fig. 6.4), interdependenţa dintre mărimile de intrare *A* şi *B* şi mărimea de ieşire *F* este cea arătată în tabelul de adevăr 6.1.

Principalele funcţii logice îndeplinite în sistemele combinaţionale de către elementele logice sînt prezentate în tabelul 6.2, împreună cu scrierea lor simbolică. Se poate arăta

Tabelul 6.1

Tabelul de adevăr al elementelor ŞI cu două mărimi de intrare

A	0	0	1	1
B	0	1	0	1
F	0	0	0	1

Tabelul 6.2

Principalele funcţii logice ale elementelor logice utilizate în sistemele combinaţionale

Denumirea elementelor	Funcţia logică realizată	Scrierea simbolică a funcţiei logice
Element DA (repetor)	Mărimea de ieşire există cînd există mărimea de intrare	$F = A$
Element NU (inversor)	Mărimea de ieşire există cînd nu există mărimea de intrare	$F = \bar{A}$
Element ŞI	Mărimea de ieşire există atunci şi numai atunci, cînd există simultan mărimile de intrare	$F = A \cap B$
Element SAU	Mărimea de ieşire există cînd există una sau alta din mărimile de intrare	$F = A \cup B$
Element de interdicţie	Mărimea de ieşire există cînd există una din mărimile de la intrare şi nu există cealaltă	$F = A \cap \bar{B}$
Element de implicaţie	Mărimea de ieşire există cînd există una din mărimile de la intrare sau nu există cea de-a doua mărime de intrare	$F = A \cup \bar{B}$
Element de inhibiţie		$F = A$ pentru $B = 0$ $F = \bar{A}$ pentru $B = 1$
Element NU ŞI		$F = \overline{A \cap B}$
Element NU SAU (NICI)		$F = \overline{A \cup B}$
Element SAU EXCLUSIV		$F = (A \cap \bar{B}) \cup (\bar{A} \cap B)$ sau $F = A \oplus B$

că orice funcţie logică poate fi realizată utilizînd elemente care îndeplinesc funcţiile logice elementare *ŞI*, *SAU* şi *NU* sau altele, de exemplu *NICI*.

Reprezentarea convenţională a elementelor logice este cuprinsă în STAS 6755-67.

Dispozitivele logice complexe, realizate prin combinarea unor elemente logice elementare, se reprezintă îmbinînd corespunzător simbolurile dispozitivelor logice elementare, aşa cum, de exemplu, este arătat în fig. 6.5, pentru un dispozitiv logic SAU EXCLUSIV.

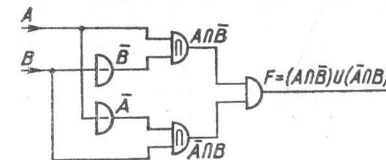


Fig. 6.5. Dispozitiv logic SAU EXCLUSIV realizat cu elemente ŞI, SAU şi NU

Realizarea fizică a elementelor logice. În prezent, ca elemente logice, cea mai largă utilizare o au dispozitivele logice cu contacte ale unor aparate de comutaţie (relee, contactoare, butoane de comandă, limitatoare de cursă şi alte elemente poziţionale etc.), elementele logice cu tuburi electronice sau semiconductori şi elementele logice cu miezuri magnetice. Se utilizează, de asemenea, elemente logice mecanice (mecanisme logice) şi elemente logice pneumatice, optice etc.

Sisteme unificate de elemente logice. Pentru satisfacerea cerinţelor crescînde în privinţa echipamentelor de automatizare, industria a recurs la soluţia sistemelor unificate de elemente logice, adică la soluţia fabricării unor module tip, care să poată fi combinate în cele mai diferite moduri, pentru realizarea celor mai diferite funcţii logice. În R.S.R., în prezent se fabrică la Fabrica de Elemente de Automatizare Bucureşti sistemul unificat de elemente logice UNILOG, avînd ca element de bază elementul logic NICI.

6.3.1.2. SISTEME AUTOMATE ÎN CIRCUIT DESCHIS SECVENŢIALE CU ACŢIUNE DUPĂ PROGRAM. **Consideraţii generale.** Din această categorie fac parte sistemele automate la care acţiunea dispozitivului de automatizare asupra instalaţiei automatizate se realizează printr-o serie de acţiuni succesive în funcţie de timp — după un program, independent de modul de desfăşurare a procesului comandat.

Pentru realizarea unei acţiuni de tipul arătat, dispozitivul de automatizare al acestor sisteme conţine, în general, două blocuri (fig. 6.6): blocul elementelor de execuţie *BE* (contactoare, servomotoare etc.) şi blocul elementelor de comandă secundară *BS* (realizat cu relee de timp, registre, dispozitive calculatoare, interpolatoare etc.).

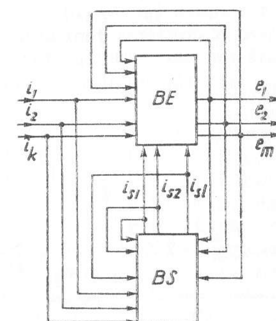


Fig. 6.6. Schema-bloc a dispozitivelor de automatizare a sistemelor automate în circuit deschis secvenţiale, cu acţiune după program

Blocul elementelor de execuţie primeşte trei tipuri de semnale de comandă: mărimile de intrare primare $i_1, i_2, \ldots i_k$, primite din exterior; mărimile de comandă secundară $i_{s1}, i_{s2}, \ldots i_{sl}$, primite de la blocul elementelor secundare; mărimile de comandă de reacţie $e_1, e_2, \ldots e_m$, primite de la ieşirea blocului elementelor de execuţie (reacţii).

Mărimile secundare de comandă $i_{s1}, i_{s2}, \ldots i_{sl}$ sînt, în general, rezultatul acţiunii, asupra blocului elementelor secundare, a mărimilor: de intrare $i_1, i_2, \ldots i_k$; de reacţie proprie $i_{s1}, i_{s2}, \ldots i_{sl}$; de ieşire a blocului de execuţie $e_1, e_2, \ldots e_m$.

O trăsătură caracteristică a blocului elementelor secundare de comandă considerat este aceea că conține elemente speciale *de întîrziere*, care întîrzie sau eșalonează transmiterea semnalelor, spre ieșire, după un program prestabilit.

Se menționează că unele din categoriile de acțiuni, arătate mai sus, pot lipsi, schema bloc din fig. 6.6, reprezentînd structura acestor sisteme în forma ei cea mai generală.

Elemente specifice sistemelor automate secvențiale cu acțiune după program. *Elementele de timp (de întîrziere)* sînt elemente logice specifice sistemelor secvențiale cu acțiune după program, funcția lor fiind aceea de a întîrzia transmiterea semnalelor de la un element la altul, ceea ce face ca acțiunile dispozitivului de automatizare să se eșaloneze, în timp, după un program prestabilit. Este caracteristic pentru elementele de timp faptul că mărimea lor de ieșire F există dacă există mărimea de intrare A, însă F apare la ieșire numai după un anumit interval de timp t (deobicei ajustabil) de la apariția mărimii A. În schemele bloc elementele *de timp* se reprezintă prin simbolul din fig. 6.7.

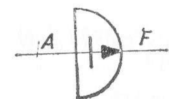


Fig. 6.7. Simbolul elementelor logice de timp

Dintre elementele de timp, cea mai largă utilizare în sistemele automate de comandă secvențială după program o au releele de timp electromagnetice și, mai recent, elementele de timp electronice cu tuburi și, mai ales, cu tranzistoare. Releele de timp electromagnetice se caracterizează prin aceea că își închid sau își deschid contactele (acțiunea de ieșire) numai după un anumit timp de la apariția sau dispariția *tensiunii (mărimea de intrare) de alimentare a bobinei lor.*

În fig. 6.8 este reprezentată schema unui element de timp realizat cu tranzistoare p-n-p. În lipsa semnalului de intrare A (tensiune negativă) tranzistorul T_1 este blocat, iar tranzistorul T_2 conduce. Tensiunea de ieșire F va fi nulă. Condensatorul C va fi încărcat. La aplicarea unui semnal (negativ) la intrare, tranzistorul T_1 se va debloca și tensiunea lui de colector crește. Creșterea tensiunii de ieșire a tranzistorului T_1 va provoca creșterea tensiunii de intrare a tranzistorului T_2. Această creștere este întîrziată de către condensatorul C. După timpul t, care depinde de valoarea capacității C și a rezistențelor din schemă, tensiunea de intrare a tranzistorului T_2 atinge valoarea de blocare și tensiunea de ieșire F devine egală cu tensiunea de saturație $-F = 1$.

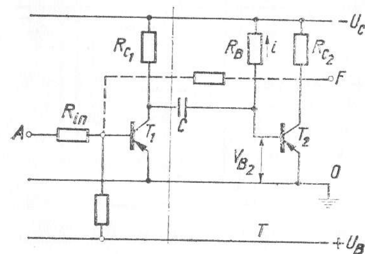


Fig. 6.8. Schema unui element de timp realizat cu tranzistoare *p-n-p*

Elementele de memorare sînt elemente logice capabile să-și păstreze o anumită stare, determinată de o acțiune exterioară exercitată asupra lor, și după dispariția acesteia. Elementele *de memorare* se definesc ca fiind acelea a căror mărime sau stare de ieșire F există dacă semnalul de intrare A există sau a existat, însă nu a existat încă semnalul de intrare R. Așa dar, elementul păstrează sau „memorează" informația, de unde și denumirea de element de memorare.

În sistemele de comandă după program elementele de memorare pot îndeplini diferite funcții:

— menținerea stării sistemului corespunzător cu programul dorit, după dispariția comenzii anterioare, pînă în momentul apariției unei noi comenzi;

— păstrarea (memorarea) programului de conducere a procesului; în scopul păstrării informației asupra problemei tehnice de executat, în vederea introducerii ei în sistemul

de comandă, în sistemele moderne de comandă secvențială se utilizează cartele perforate, benzi perforate și benzi magnetice.

a. Cartela perforată — se confecționează din carton rezistent, cu bune calități izolatoare, dacă extragerea informației de pe cartelă se face prin metode electrice (există și metode optice, pneumatice etc. de extragere).

Există foarte multe tipuri de cartele, deosebirea constînd în formă, dimensiuni, modul în care este dispusă informația, cantitatea de informație etc. O cartelă conține, de obicei, 20—160 coloane, în fiecare din ele existînd 10—12 locuri pentru perforarea orificiilor purtătoare de informație, de formă pătrată sau rotundă (fig. 6.9). Prezența orificiilor în anumite locuri, pe o coloană a cartelei, reprezintă o anumită informație,

1	2	3	4	.	.	.	.	44	45
0	0	0	0	.	.	.	.	0	0
1	1	1	1	.	.	.	.	1	1
2		2	2	.	.	.	.	2	2
3	3	3	3	.	.	.	.		3
4	4		4	.	.	.	.	4	
0	5	5	5	.	.	.	.	5	5
6			6	.	.	.	.	6	
7	7	7	7	.	.	.	.		7
8				.	.	.	.	8	8
9	9	9	9	.	.	.	.	9	9

Fig. 6.9. Cartelă perforată

care este extrasă de către un dispozitiv special și transformată într-o acțiune anumită. Coloanele cartelei pot corespunde, de exemplu, secvențelor de comandă, extragerea informației făcîndu-se în acest caz, în ordinea succesivă a coloanelor, pe măsură ce cartela se deplasează (mai frecvent însă se utilizează extragerea de tip paralel — simultan, cu ajutorul unor dispozitive de extragere mai complicate). Așa, de exemplu, patru locuri succesive din fiecare coloană ar putea purta informația de comandă a excitației unui amplificator magnetic. În fig. 6.10 este arătat un exemplu de dispozitiv, de extragere a unei astfel de informații. Dacă de o parte a cartelei se găsește o placă metalică sub tensiune iar de cealaltă parte, în dreptul locurilor purtătoare de informație, se găsesc perii colectoare, legate electric cu înfășurarea de comandă a amplificatorului, curentul de comandă al acestuia va depinde de numărul și poziția orificiilor din coloana respectivă a cartelei (de ele depinzînd cîte și care din perii sînt în contact cu placa). Curenții i_1, i_2, ... depind de valoarea rezistențelor R_1, R_2, ..., corespunzător cu un cod. Modurile de codificare sînt foarte variate. De cele mai multe ori se utilizează codurile numerice binar sau zecimal.

În prezent o mare răspîndire o au sistemele fotoelectrice de extragere a informației (în locul periilor sînt utilizate elemente sensibile la lumină — fotocelule, fotodiode semiconductoare, fotorezistențe — iar placa metalică este înlocuită de către o sursă de lumină).

În sistemele de comandă numerică care utilizează, pentru elaborarea programului, dispozitive de calcul, cartelele servesc pentru introducerea problemei în dispozitivul

de calcul. De exemplu, cartela poate conține dimensiunile unei piese, exprimate numeric. Introducerea informației se face, în acest caz, paralel (simultan de pe toate coloanele cartelei).

b. Banda perforată a fost preluată din tehnica telegrafiei. Se confecționează din hîrtie sau material plastic. Prezintă 3—8 canale pe care se perforează găurile purtătoare de informație (fig. 6.11). Introducerea datelor în dispozitivele de calcul se face în acest caz în serie (succesiv, prin deplasarea benzii). Datele tehnice ale benzilor perforate sînt: lățimea benzii cu 5 canale, 17,4 mm; lățimea benzii cu 8 canale, 25,4 mm; grosimea benzii, 0,1 mm; dimensiunea găurilor, 1,86 mm; spațiile dintre găuri (orizontal și vertical) 2,54 mm; lungimea normală a benzii, 310 mm; cantitatea de informație pe bandă, 120 000 semne.

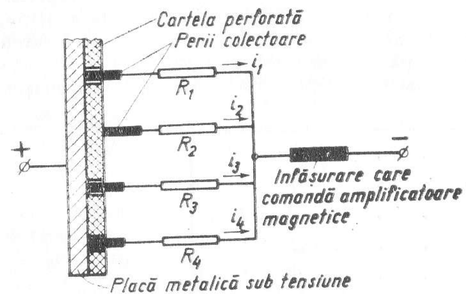


Fig. 6.10. Dispozitiv de extragere a informației de pe cartele perforate

c. Banda magnetică este un purtător de informație sub forma unei benzi elastice cu proprietăți magnetice. Este confecționată, de obicei, dintr-un strat de bază din material nemagnetic (acetil-celuloză, celofan, hîrtie, diferite materiale plastice, materiale metalice nemagnetice de tipul bronzurilor fosforice), peste care se depune un strat subțire de material feromagnetic (oxizii Fe_2O_3, Fe_2O_4, ferit Fe-Co, aliaje speciale cu bază de Co, Ni etc.). Mai rar, se utilizează benzi de oțel cu proprietăți magnetice. Numărul de canale paralele este de 1—128. Lățimea benzilor magnetice este de 6,35—355,6 mm. Lungimea unei benzi (într-un rulou) este de 120—1 000 m.

Introducerea, scoaterea și ștergerea informației se face cu ajutorul unor *capete magnetice*.

Informația se înregistrează și se păstrează sub forma unor regiuni ale benzii care sub influența unui cîmp magnetic se magnetizează și își păstrează starea magnetică

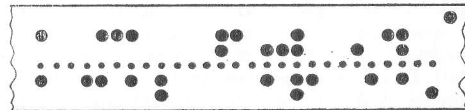


Fig. 6.11. Bandă perforată

și după dispariția cîmpului exterior. La extragerea informației, cîmpul magnetic remanent, de o polaritate sau alta, induce, în elementul de extragere, tensiuni (semnale) care se transmit elementelor de utilizare a informației.

d. Elementul bistabil sau „Trigger"-ul se utilizează pentru reprezentarea și memorarea numerelor binare 0 și 1 în dispozitivele calculatoare cu acțiune discretă sau numerice. În fig. 6.12 este reprezentată schema unui astfel de element — memorie-bistabilă — realizat cu tranzistoare p-n-p. Bistabilul din fig. 6.12 are

trei intrări (*A*, *B*, *C*) și două ieșiri (Q, $\bar{Q}$). Dacă la una din ieșiri există semnalul Q (o tensiune de exemplu), la cealaltă ieșire există un semnal $\bar{Q}$ opus celui de la prima ieșire (lipsă de tensiune). Se consideră bistabilul în starea *1*, dacă la ieșirea Q există potențial negativ, considerat semnal *1*. Semnalele la intrările *A*, *B* și *C* sînt impulsuri electrice pozitive. La aplicarea impulsurilor la intrarea *B*, bistabilul va trece în starea *1* (semnal la ieșirea Q) sau va rămîne în această stare, dacă și înainte a fost în starea *1*. La aplicarea impulsurilor la intrarea *C* bistabilul va trece în starea *0* (lipsa semnalului la ieșirea Q). Dacă impulsurile vin la intrarea *A* (de numărare), bistabilul va bascula la fiecare impuls din starea 1 în starea *0* sau invers.

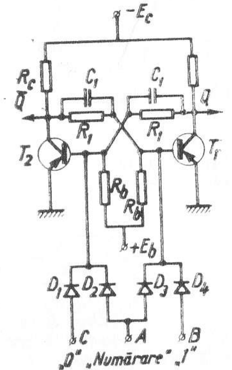


Fig. 6.12. Schema principială a unui element bistabil cu tranzistoare și reprezentarea lui simbolică

e. Memoriile magnetice cu ferite sînt un ansamblu de N^2 miezuri de ferită, dispuse sub forma unei matrice pătrate (fig. 6.13, *a* și *c*). Miezurile joacă rolul elementului de memorie; ele sînt traversate de trei fire care servesc atît ca suport mecanic, cît și ca conductor electric:

— un conductor de selecție orizontală, comun tuturor miezurilor unei coloane verticale;

— un conductor de selecție verticală, comun tuturor miezurilor dintr-o linie orizontală;

— un conductor de citire, care trece prin toate miezurile dispozitivului.

Principiul de funcționare este următorul:

— Înscrierea. Fiecare miez se poate găsi într-una din stările remanente, reprezentate prin *0* și *1* pe diagrama de histerezis (fig. 6.14). Bascularea de la o stare la cealaltă nu poate fi obținută decît la coincidența impulsurilor de curent trimise simultan în firele de selecție orizontală și verticală. Dacă fiecare dintre aceste impulsuri corespunde unui cîmp magnetic OH_1, un singur impuls nu este suficient pentru basculare feritei.

— Citirea. Pentru a citi starea feritei de coordonate x și y se procedează în același mod, trimițînd simultan pe linia y și coloana x impulsuri avînd valoarea corespunzătoare cîmpului $-OH_1$. Dacă ferita se află în starea *1*, ea revine în starea *0* și induce atunci o t.e.m. în firul de citire.

Elementele și dispozitivele de calcul utilizate în sistemele moderne de comandă programată primesc informații asupra problemei de rezolvat (de exemplu dimensiunile unei piese) și elaborează programul de comandă a elementelor de execuție (calculează, în funcție de dimensiunile piesei, deplasările sculei după cele trei coordonate, cît și valorile avansurilor etc.). Dispozitivele de calcul pot fi: cu acțiune continuă (analogice) sau cu acțiune discretă (numerice).

a. Elementele de calcul analogice electrice și electronice au în prezent o foarte mare utilizare. Pentru operațiile liniare (adunare, înmulțire, diferențiere, integrare) se utilizează, printre altele, și amplificatoare operaționale — amplificatoare de c.c. cu factor mare de amplificare și cu reacție negativă realizată cu rezistențe și capacități. În tabelul 6.3 sînt date cîteva exemple de amplificatoare operaționale și funcțiile matematice pe care le realizează fiecare.

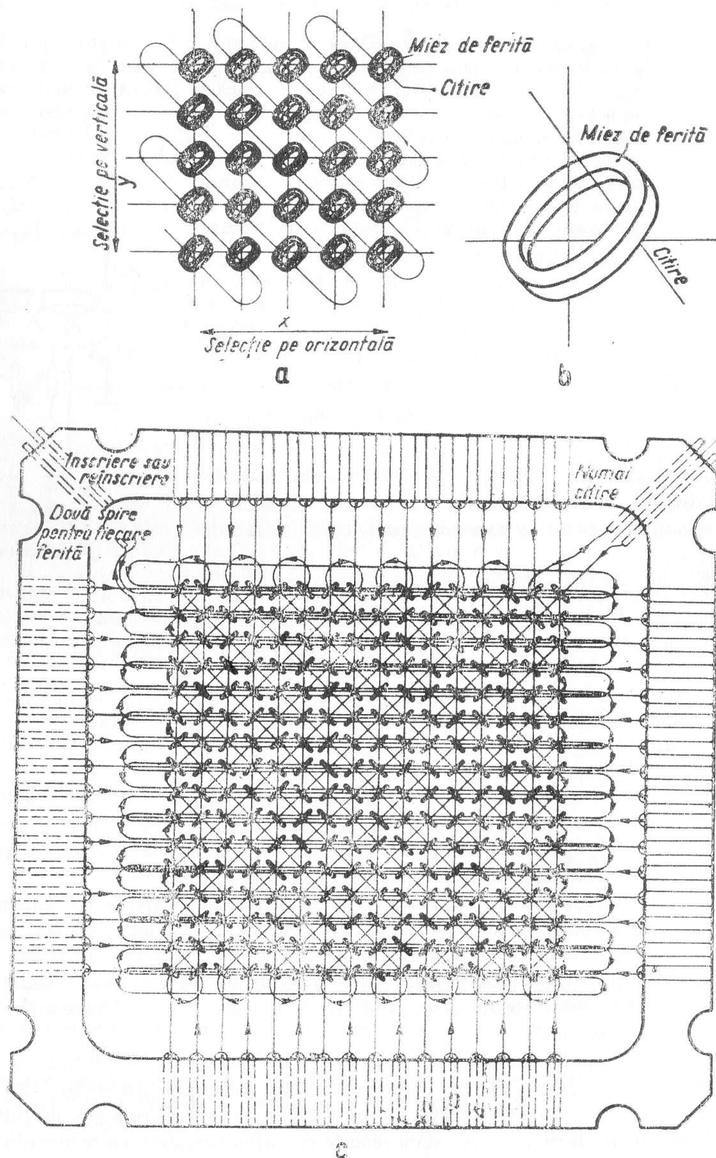


Fig. 6.13. Matrice de memorie cu ferite

În afară de amplificatoare electronice operaționale se utilizează o mulțime de alte elemente calculatoare: mecanice, pneumatice, electromecanice etc.

b. Î n d i s p o z i t i v e l e d e c a l c u l n u m e r i c e, diferitele mărimi sînt reprezentate prin cifre. Se utilizează, de obicei, sistemul de reprezentare binar, în care numerele sînt reprezentate numai cu ajutorul a două cifre: 0 și 1.

În sistemul zecimal, de exemplu, numărul 247, poate fi reprezentat în modul următor

$$247 = 2 \cdot 10^2 + 4 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0.$$

Un număr oarecare

$$N = a_n \cdot 10^n + a_{n-1} \cdot 10^{n-1} + \ldots + a_0 10^0$$

se va reprezenta $N = a_n a_{n-1} \ldots a_0$, unde $a_n, a_{n-1}, \ldots, a_0$ pot avea oricare din valorile 0,1,2, ..., 9.

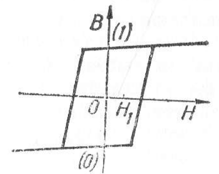


Fig. 6.14. Diagrama de histerezis a unui miez de ferită

În mod analog cu modul de reprezentare în sistemul zecimal, numerele pot fi reprezentate în sistemul binar. De exemplu, numerele 13 și 34 se vor reprezenta, în sistemul binar, astfel

$$13 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 1101;$$

$$34 = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 100010.$$

Tabelul 6.3

Exemple de amplificatoare operaționale

Schema principială	Funcția matematică realizată
U_{i1}, U_{i2}, U_{in}; R_{11}, R_{12}, R_{1n}; R_2; U_e	$U_e = -\dfrac{1}{R_2}\sum_{1}^{n} R_{1k} U_{ik}$
U_i; R_1; C_1; U_e	$U_e = -\dfrac{1}{R_1 C_1}\int U_i \, dt$
U_i; C_1; R_1; U_e	$U_e = -R_1 C_1 \dfrac{dU_i}{dt}$

Un număr oarecare

$$N = a_n \cdot 2^n + a_{n-1} \cdot 2^{n-1} + \ldots + a_0 \cdot 2^0$$

se va reprezenta $N = a_n a_{n-1} \ldots a_0$, unde $a_n, a_{n-1}, \ldots, a_0$ pot avea una din valorile 0 sau 1.

Pentru fixarea cifrelor în sistemul binar, dispozitivele de calcul trebuie să aibă elemente de memorie cu două stări stabile, una fiind considerată, în mod convenţional ca 0, iar cealaltă ca 1. În dispozitivele de calcul moderne, drept astfel de elemente pot fi utilizate: relee electromagnetice, circuite bistabile sau „triggere" cu tuburi electronice sau tranzistoare, elemente inelare din ferite etc. Înregistrarea şi numărarea unui număr care constă din n semne binare necesită n elemente de memorie bistabile, formînd un registru, dacă introducerea informaţiei se face paralel (fig. 6.15), respectiv un numărător,

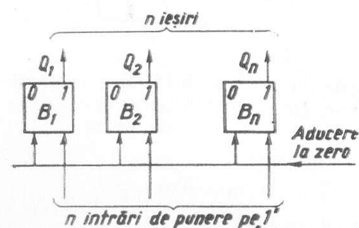


Fig. 6.15. Schema-bloc a unui registru cu circuite bistabile electronice

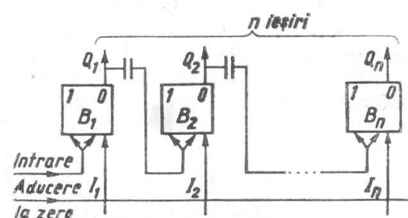


Fig. 6.16. Schema-bloc a unui numărător cu circuite bistabile electronice

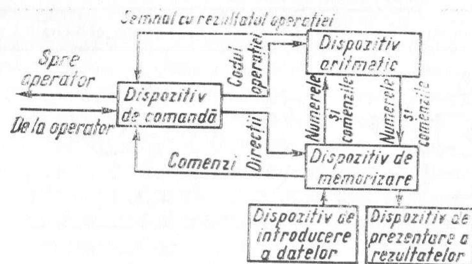


Fig. 6.17. Schema-bloc a unui calculator electronic universal

dacă introducerea numărului se face în serie, introducînd succesiv impulsurile care reprezintă unităţile numărului de înregistrat (fig. 6.16).

Dispozitivele de calcul numerice efectuează operaţii de adunare şi scădere. Celelalte operaţii matematice se reduc, printr-o programare corespunzătoare, la adunări şi scăderi. În afara operaţiilor de adunare şi scădere, dispozitivele de calcul cu acţiune discretă trebuie să efectueze adesea o serie de operaţii logice (v. 6.3.1.1).

În sistemele moderne complexe de comandă numerică, dispozitivele de calcul numerice sînt alcătuite din elemente numeroase, schema structurală fiind, în general, cea reprezentată în fig. 6.17, caracteristică pentru aşa-numitele calculatoare electronice universale. Principiul general de funcţionare a acestor calculatoare este următorul:

Dispozitivul de introducere a datelor introduce în dispozitivul de memorare datele iniţiale ale problemei de rezolvat şi programul de succesiune (algoritmul) a operaţiilor aritmetice necesare rezolvării problemei. Dispozitivul de comandă, după punerea în funcţie, de către operator (semnalul 1), extrage din dispozitivul de memorare prima comandă (semnalul 2), codificată sub formă numerică. Prima parte (primele cifre) a comenzii exprimă codul operaţiei (adunare, transfer etc.) iar partea a doua (celelalte cifre) a comenzii indică „adresele", adică locul (celulele) din memorie unde se găsesc numerele asupra cărora trebuie efectuată operaţia respectivă (indicată de codul operaţiei). După extragerea primei comenzi (semnalul 2), dispozitivul de comandă intervine, pe de o parte, asupra dispozitivului de memorare (semnalul 3), determinînd transferul (semnalul 4), de la adresa indicată, în dispozitivul aritmetic, a numerelor asupra cărora urmează să se facă operaţia şi, pe de altă parte, intervine (semnalul 5) asupra dispozitivului aritmetic, determinînd efectuarea operaţiei respective. Rezultatul operaţiei respective este transferat (semnalul 6) în memorie. Terminarea operaţiei este semnalată (semnalul 7) dispozitivului de comandă care extrage (semnalul 8), din memorie, a doua comandă programată şi începe un nou ciclu, identic cu primul, descris mai sus.

Se menţionează, de asemenea, particularitatea funcţionării constînd în aceea că în funcţie de rezultatele intermediare obţinute, indicii respectivi fiind transmişi dispozitivului de comandă, este posibil a modifica programul de calcul, variantele respective fiind conţinute şi ele în memorie.

Dispozitivul de extragere a rezultatelor asigură transferarea lor la elementele de execuţie ale sistemului automat de comandă a procesului tehnologic condus.

Exemplu de sistem numeric de comandă secvenţială după program pentru maşini prelucrătoare. Ca exemplu, se consideră sistemul „NUMERICORD" (fig. 6.18) de comandă

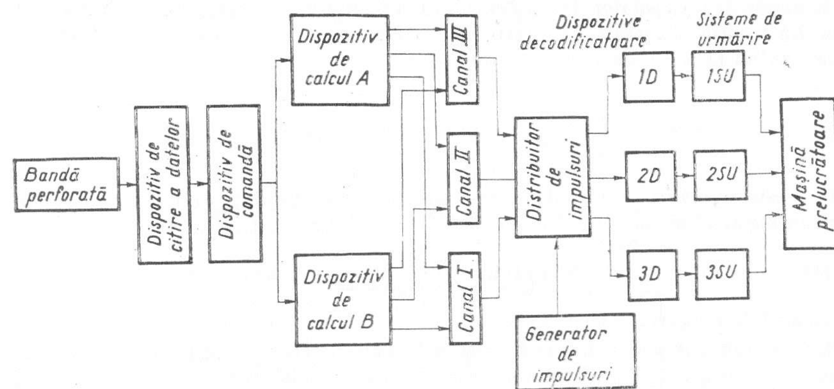


Fig. 6.18. Schema-bloc a sistemului numeric de comandă NUMERICORD

automată a maşinilor prelucrătoare. Sistemul realizat comandă o maşină de frezat pentru prelucrarea unor piese de avion. Precizia de prelucrare este de 25—50 μm.

În maşina prelucrătoare considerată, scula aşchietoare poate să se deplaseze după trei direcţii perpendiculare una faţă de cealaltă. Deplasările respective sînt realizate de către sistemele de acţionare de urmărire *1SU*, *2SU*, *3SU* (principiul de funcţionare a sistemelor de urmărire este prezentat în 6.4.2). Programul de lucru al maşinii — profilul piesei de prelucrat — se introduce sub formă numerică, cu ajutorul unei benzi perforate. Programul constă din indicarea unor deplasări succesive ale sculei. Fiecare deplasare este dată prin cele trei coordonate (în cifre) ale poziţiei (sculei) de realizat şi prin timpul în cifre) în care această deplasare trebuie realizată. Cele patru numere formează un (*loc de informaţie* şi sînt codificate într-un singur rînd al benzii perforate. Blocurile de informaţie ale programului sînt calculate, după desenul piesei, numai pentru un număr finit de puncte ale suprafeţei de prelucrat, numite *puncte de sprijin*. Aceste puncte se aleg, pe suprafaţă, astfel încît să se asigure precizia de prelucrare dorită. Conturul suprafeţei între punctele de sprijin se aproximează de către însuşi dispozitivul de calcul *A* sau *B*, prin calculul tuturor poziţiilor intermediare ale sculei, astfel încît deplasările intermediare să fie segmente de drepte (interpolare liniară) sau segmente a unor curbe mai complicate (interpolare neliniară), iar deplasarea de la o poziţie dată de un bloc de informaţie la alta să se facă în timpul prevăzut. Dispozitivul de calcul se numeşte *interpolator*. Deplasările sînt date de către dispozitivul de calcul sub forma unor serii de impulsuri, acesta fiind de fapt un decodificator al coordonatei (exprimată numeric şi păstrată în memorie) în număr de impulsuri. Impulsurile sînt apoi transformate de către decodificatoarele *1D*, *2D* şi *3D* în semnale care vor determina o deplasare anumită a elementelor de execuţie *1SU*, *2SU*, *3SU* (de exemplu rotirea cu un grad a arborelui respectiv al acţionării), pentru fiecare impuls. Timpul cît durează impulsurile de comandă este funcţie de timpul de prelucrare dat în program (în blocul respectiv de informaţie).

Exemplu de interpolator. Pentru exemplificare, în fig. 6.19 este reprezentată structura unuia din tipurile obişnuite de interpolatoare liniare — realizat ca multiplicator de impulsuri, avînd la ieşire un număr de impulsuri

$$N = M\sum_{i=1}^{i=n} \frac{a_i}{2^{n-1-i}} = a_1 2^0 + a_2 2^1 + a_3 2^2 + \dots + a_n 2^{n-1}$$

unde N este numărul de impulsuri la ieşirea interpolatorului, egal cu numărul binar înscris în registrul memoriei; M — numărul de impulsuri multiplicat, egal cu capacitatea numărătorului binar al interpolatorului; $\sum_{i=1}^{i=n} \frac{a_i}{2^{n-1-i}}$ — factorul de multiplicare; n — — numărul de ranguri ale numărătorului.

Sub acţiunea impulsurilor de frecvenţă F, date de către un generator de impulsuri, bistabilii $B_{11}, B_{12}, \dots, B_{1n}$ îşi schimbă succesiv stările şi la ieşirile lor $E_{11}, \dots, E_{1n}$ apar impulsuri. Se poate arăta că impulsurile se succed, la cele n ieşiri, aşa cum este arătat în fig. 6.20. Impulsurile de la ieşirile $E_{11}, E_{12}, \dots, E_{1n}$ ale numărătorului se transmit, prin intermediul porţilor *1ŞI*, *2ŞI*, ..., *nŞI*, spre poarta *SAU*, de la ieşirea interpolatorului, numai dacă în celulele $B_{21}, B_{22}, \dots B_{2n}$ sînt înscrise numerele binare 1. Dacă, de exemplu în B_{21}, B_{22}, B_{23} ... sînt înscrise, respectiv, numerele binare 1, 0, 1, ..., graficul impulsurilor de la ieşirile porţilor *1ŞI*, *2ŞI*, *3ŞI*, ..., va fi cel din fig. 6.21.

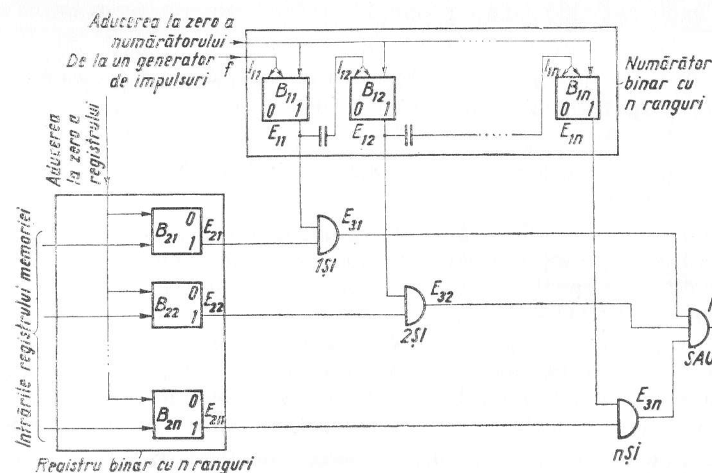


Fig. 6.19. Schema-bloc a unui interpolator liniar

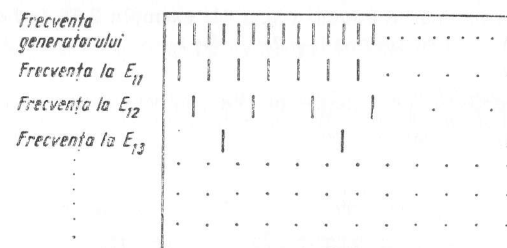


Fig. 6.20. Graficul succesiunii impulsurilor la ieşirile numărătorului

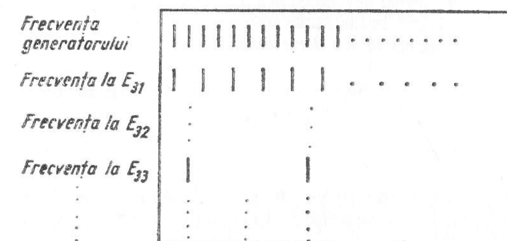


Fig. 6.21. Graficul succesiunii impulsurilor la ieşirile E_{31}, E_{32}, E_{33}

Impulsurile de la ieşirile $E_{31}, E_{32}, \ldots$, ajungînd la poarta *SAU*, la ieşirea acesteia vor apărea toate aceste impulsuri, numărul lor fiind

$$N = a_1 2^0 + a_2 2^1 + a_3 2^2 + \ldots + a_n 2^{n-1}.$$

Timpul de transmitere a acestui număr de impulsuri depinde de timpul de umplere a numărătorului şi deci de frecvenţă f. Stabilind o legătură între timpul t_k, înscris în blocul de informaţie respectiv, şi frecvenţa f, se realizează un timp de transmitere a impulsurilor egal cu timpul t_k.

Interpolatoarele pentru conducerea avansurilor sculei după trei direcţii au, pentru fiecare direcţie, cîte un registru cu porţile respective *1ŞI*, *2ŞI*, ... şi o poartă *SAU*, numărătorul şi generatorul de impulsuri fiind comune. În acest fel se realizează convertirea simultană a programului din memorie, în impulsuri, pentru toate direcţiile de avans.

Sisteme de acţionare a dispozitivelor de comandă numerice. În prezent se utilizează două sisteme de acţionare: sisteme de acţionare cu motoare pas cu pas şi sisteme de urmărire.

În sistemele de acţionare cu motoare pas cu pas, impulsurile de la ieşirea interpolatorului sînt amplificate şi date la înfăşurările statorice *1, 2, 3* ale unui motor pas cu pas. Rotorul acestuia se va roti cu un anumit unghi (de exemplu 2,5°) la fiecare serie de impulsuri date, într-o anumită succesiune (*1—2—3, 1—2—3, ...* sau *1—3—2. 1—3—2,...*), la înfăşurările statorice.

Principiul constructiv al unui motor pas cu pas este arătat în fig. 6.22. Motorul are trei statoare şi trei rotoare cu poli aparenţi. Polii unui rotor sînt dispuşi la 120

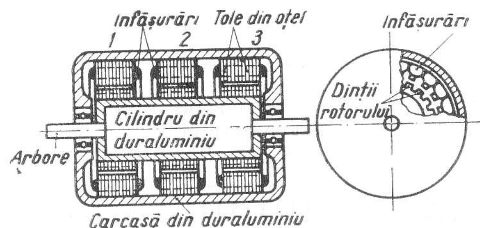


Fig. 6.22. Principiul constructiv al unui motor pas cu pas

grade electrice faţă de cei ai rotorului vecin. Dacă înfăşurărilor statoarelor *1, 2, 3*, li se aplică o serie de impulsuri, într-o anumită succesiune (*1—2—3, 1—2—3, ...*), sub acţiunea cuplului reactiv ce ia naştere, rotorul începe să se rotească pas cu pas, într-un anumit sens. Dacă se schimbă ordinea de succesiune a impulsurilor (*1—3—2, 1—3—2,...*), sensul de rotaţie se va inversa. Pentru a asigura o precizie înaltă a prelucrării pieselor,

se alege un pas mic al motorului (2,5°). Viteza mică a motorului şi cuplul relativ mare permit să nu se utilizeze reductoare. Motoarele se cuplează direct la capetele şuruburilor conducătoare de avans transversal, longitudinal şi vertical ale maşinii-unelte.

Sistemele de acţionare de urmărire sînt descrise în 6.3.2.2. Aici se menţionează doar că mărimea de prescriere a deplasării de executat se dă fie direct sub formă de număr de impulsuri venite de la interpolator, fie sub forma unei mărimi analogice (tensiune, curent), în care caz programul înscris sub formă numerică, în registrul memoriei, trebuie convertit, cu ajutorul unui convertor numeric — analogic, într-o mărime analogică corespunzătoare. În fig. 6.10 a fost prezentat un exemplu de decodificator numeric-analogic de tip electromecanic cu rezistenţe, utilizabil în cazul memoriilor pe bandă perforată. În cazul cînd programul este conţinut de către un registru cu elemente bistabile, acelaşi principiu de decodificare poate fi realizat, de exemplu, aşa cum este arătat în fig. 6.23.

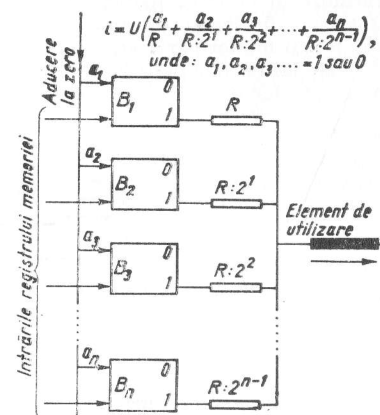


Fig. 6.23. Decodificator numeric-analogic

6.3.2. SISTEME AUTOMATE ÎN CIRCUIT ÎNCHIS

Din această clasă de sisteme fac parte acelea în care instalaţia automatizată, comandată de către dispozitivul de automatizare, influenţează, la rîndul ei, dispozitivul de automatizare.

6.3.2.1. SISTEME AUTOMATE ÎN CIRCUIT ÎNCHIS SECVENŢIALE CU ACŢIUNE ÎN FUNCŢIE DE DESFĂŞURAREA PROCESULUI CONDUS. Din această categorie de sisteme automate fac parte acelea în care mărimea comandată a instalaţiei automatizate (comandată de către dispozitivul de automatizare) influenţează, la rîndul ei, dispozitivul de automatizare, în scopul declanşării unor noi comenzi, influenţa reciprocă a dispozitivului de automatizare şi a instalaţiei automatizate succedîndu-se alternativ (mărimea de execuţie m determină valoarea mărimii comandate e iar această determină o nouă valoare a mărimii de execuţie m ş.a.m.d.).

Schema bloc simplificată a acestor sisteme este cea arătată în fig. 6.24, în care s-au adoptat notaţiile: *IA* — instalaţia automatizată; e_1 — mărime de ieşire a instalaţiei automatizate *IA*, provocată de mărimea de intrare i, prin intermediul mărimii de execuţie m_1 a dispozitivului de automatizare *DA* şi, în acelaşi timp, mărime de comandă pentru dispozitivul de automatizare *DA*; e_2 — mărime de ieşire a instalaţiei automatizate *IA*, provocată de mărimea secundară de comandă e_1 şi, în acelaşi timp, mărime de comandă pentru dispozitivul de automatizare *DA* ş.a.m.d.; $m_1, m_2, m_3, \ldots$ — mărimi de execuţie ale dispozitivului de automatizare, provocate de către mărimile de comandă $e_1, e_2, \ldots$

6.3.2.2. SISTEME AUTOMATE ÎN CIRCUIT ÎNCHIS CU ACŢIUNE ÎN FUNCŢIE DE ABATERE. Fac parte din această categorie sistemele la care dispo-

zitivul de automatizare acţionează asupra instalaţiei automatizate în funcţie de abaterea mărimii comandate de la valoarea prescrisă — sistemele sensibile la eroarea lor — în sensul readucerii mărimii comandate la valoarea prescrisă. Aceste sisteme, frecvent întîlnite în practica industrială, sînt cunoscute, de obicei, sub denumirea de sisteme automate de reglare în funcţie de abatere, ele servind la reglarea automată a unuia sau a mai multor parametri ai unei instalaţii, conform cu o valoare prescrisă.

Modul de funcţionare a sistemelor automate de reglare în funcţie de abatere şi de structura lor sînt exprimate de către schema lor bloc arătată în fig. 6.25, în care s-au

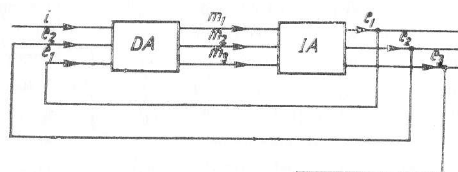


Fig. 6.24. Schema-bloc generală a sistemelor automate în circuit închis secvenţiale, cu acţiune în funcţie de desfăşurarea procesului condus

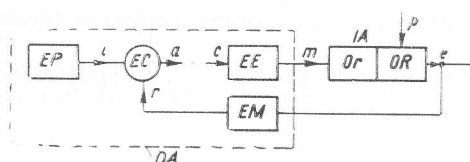


Fig. 6.25. Schema-bloc a sistemelor automate de reglare în funcţie de abatere

făcut următoarele notaţii: *IA* — instalaţia automatizată; *OR* — obiectul reglat; *Or* — organul de reglare; *DA* — dispozitivul de automatizare; *EM* — element de măsurare; *EC* — element de comparare; *EP* — element de prescriere (element de comandă); *EE* — element de execuţie; *e* — mărimea de ieşire a obiectului reglat; *p* — mărime de perturbaţie — aceasta provoacă modificarea mărimii de ieşire, modificare care trebuie redusă, parţial sau total, prin reglarea automată; *r* — mărime de reacţie; *i* — mărime de intrare; *a* — mărime de acţionare; *c* — mărime de conducere; *m* — mărime de execuţie.

Reglarea parametrului considerat *e*, al obiectului reglat *OR*, se realizează prin acţiunea dispozitivului de automatizare *DA* asupra organului de reglare *Or* al instalaţiei automatizate *IA*. Dispozitivul de automatizare *DA* îşi exercită acţiunea de reglare prin intermediul elementului de execuţie *EE*. Această acţiune este rezultatul controlului permanent pe care dispozitivul de automatizare *DA* îl exercită asupra mărimii reglate *e* şi al comparării acesteia cu valoarea prescrisă *i*. Elementul *EM* al dispozitivului de automatizare, care efectuează controlul valorii mărimii reglate *e*, se numeşte element de măsurare. Elementul *EC* al dispozitivului de automatizare, care compară valoarea mărimii reglate *e*, care îi parvine prin intermediul elementului de măsurare *EM*, cu valoare prescrisă *i*, care îi parvine de la elementul de prescriere *EP*, se numeşte element de comparare. Rezultatul comparării arătate se manifestă la ieşirea elementului de comparare sub forma mărimii de acţionare *a*, care, în caz de egalitate a mărimii reglate cu cea prescrisă, asigură o mărime de ieşire (poziţie etc.) a organului de reglare *Or*, care asigură, pentru mărimea reglată, valoarea prescrisă. În cazul în care mărimea reglată diferă de cea prescrisă, mărimea de acţionare — mărime de ieşire a elementului de comparare — acţionează astfel asupra elementelor următoare ale sistemului automat — element de execuţie, organ de reglare, obiect reglat — încît valoarea mărimii reglate este readusă la valoarea prescrisă.

Între diferitele elemente ale schemei bloc arătate în fig. 6.25 pot să existe şi alte elemente intermediare necesare, de exemplu, pentru: amplificarea semnalelor, transformarea naturii fizice a semnalelor, corecţia calităţii sistemului etc.

În scopul reglării parametrilor unor instalaţii industriale, de multe ori este posibilă folosirea unor dispozitive de automatizare tipizate care, constructiv, unesc mai multe din elementele dispozitivului de automatizare definit mai înainte — regulatoare automate sau blocuri de reglare (elemente din cadrul sistemelor unificate de elemente de automatizare).

Sistemele automate de reglare în funcţie de abatere se împart, după felul de variaţie a valorii prescrise pentru mărimea reglată, în următoarele subclase: sisteme automate de reglare stabilizatoare; sisteme automate de reglare după program; sisteme automate de urmărire.

Sisteme automate de reglare stabilizatoare. Aceste sisteme îndeplinesc funcţia menţinerii constante a valorii unuia sau a mai multor parametri ai unui proces tehnic (menţinerea constantă a nivelului unui lichid într-un rezervor, a presiunii într-un recipient, a temperaturii într-un cuptor, a turaţiei unei maşini, a tensiunii unui generator, a poziţiei unui avion sau rachete etc.). Aşadar, din această categorie fac parte acele sisteme de reglare la care valoarea prescrisă a mărimii reglate este constantă.

Sisteme automate de reglare după program. Aceste sisteme îndeplinesc funcţia reglării unuia sau a mai multor parametri ai unui proces după un program prestabilit, valoarea prescrisă a mărimii de ieşire a sistemului variind în timp după o lege impusă dinainte, numită program (reglarea după program a presiunii unui gaz într-un recipient, a temperaturii într-un cuptor, a poziţiei sculei unei maşini-unelte în procesul de prelucrare după program etc.).

Tehnica numerică se utilizează în prezent şi în sistemele de reglare în circuit închis. Cea mai largă răspîndire o au sistemele în care este realizat sub formă numerică numai elementul de prescriere, el fiind un registru în care este păstrat, sub formă numerică, programul conducerii automate a procesului. Structura unui astfel de sistem este reprezentată în fig. 6.26.

O altă structură, cu largă utilizare, este cea arătată în fig. 6.27. În astfel de sisteme sînt realizate numeric, pe lîngă elementul de prescriere, elementul de măsurare a mărimii reglate (poziţie, turaţie, etc.) şi elementul de comparare. Dispozitivul numeric de comparare, primind sub formă numerică mărimea de prescriere şi valoarea mărimii reglate,

dă, la ieşire, tot sub formă numerică, diferenţa acestora. Mărimea abatere este convertită apoi, în mărime analogică, de către un convertor numeric — analogic.

Dacă valoarea mărimii de prescriere şi valoarea mărimii reglate sînt date sub forma unui număr corespunzător de impulsuri, ca elemente de comparare numerică, se utilizează numărătoarele reversibile, care au drept mărime de ieşire diferenţa dintre mărimile de intrare i şi r, exprimată sub formă numerică.

Pentru exemplificare, dintre traductoarele numerice utilizate pentru măsurarea mărimii reglate, se vor considera traductoarele de poziţie unghiulară sau de deplasare

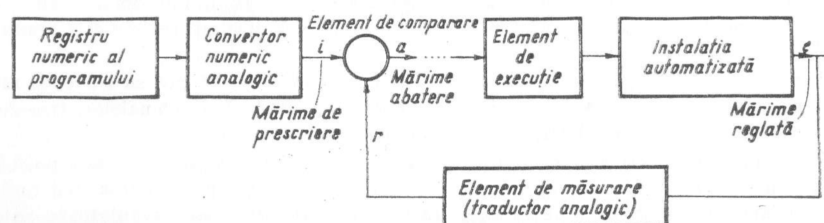


Fig. 6.26. Schema-bloc a unui sistem de reglare avînd elementul de prescriere de tip numeric

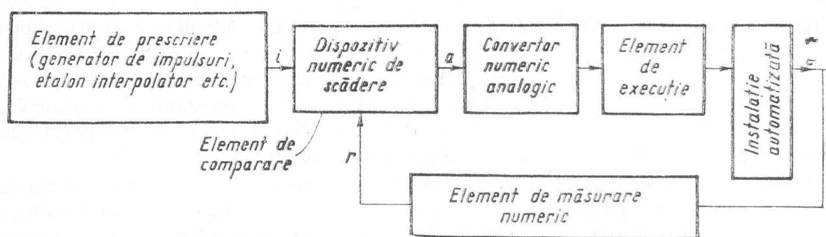


Fig. 6.27. Schema-bloc a unui sistem numeric-analogic de reglare cu elemente numerice de prescriere, măsurare şi comparare

liniară, utilizate în sistemele automate de reglare după program a acestor mărimi (sisteme larg utilizate la comanda maşinilor prelucrătoare) şi, dintre acestea se vor considera cele fotoelectrice (se utilizează, de asemenea, şi traductoare numerice inductive etc.). Convertirea numerică a cursei, respectiv a unghiului, cere ca piesa acţionată sau arborele de acţionare să antreneze rigid un lineal, respectiv un disc codat, de felul celui arătat în fig. 6.28.

În cazul convertorului disc, pe el sînt dispuse, în cercuri concentrice, segmente transparente. Numărul cercurilor cu segmente transparente este egal cu numărul de ranguri

binare cu care se exprimă rezultatul măsurării. Fiecărui cerc cu segmente transparente îi corespunde cîte o fotocelulă, care basculează elementele bistabile ale registrului de măsurare, la fiecare trecere prin dreptul ei a cîte unui segment transparent. În acest mod, în registru se înscrie numărul binar care exprimă valoarea deplasării unghiulare a discului.

Sisteme automate de urmărire. Aceste sisteme îndeplinesc funcţia reglării unui parametru sau a mai multor parametri al unui proces tehnic, în funcţie de o mărime exterioară sistemului considerat, mărime a cărei variaţie nu este cunoscută dinainte (reglarea automată a tirului bateriilor antiaeriene în funcţie de poziţia ţintei, reglarea poziţiei unui organ al unei maşini în funcţie de un element de comandă).

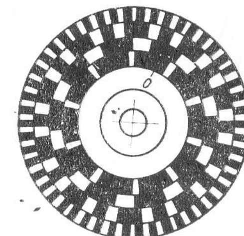


Fig. 6.28. Disc convertor analogic-numeric al unui traductor de poziţie fotoelectric

* * *

Se impune a preciza că noţiunea de sistem automat de comandă în circuit închis are un caracter relativ, în sensul că sistemul închis respectiv poate fi o parte a unui ansamblu de elemente care constituie un sistem deschis.

BIBLIOGRAFIE (cap. 1—72)

1. BARANOV, B.A. *Normarea tehnică în uzinele constructoare de maşini* (trad. din lb. rusă) Bucureşti, Editura tehnică, 1960.
2. CAUBERT, I.I. *Théorie et pratique industrielle du frottement.* Paris, Dunod, 1964.
3. DAMSKER, D. *Principii şi mijloace noi de automatizare a acţionărilor electrice.* Bucureşti, Editura Academiei, R.S.R. 1964.
4. *Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau*. V.I şi II. Berlin, Heidelberg-New York, Springer, 1966.
5. DUNAEV, P.F. *Lanţuri de dimensiuni* (trad. din lb. rusă). Bucureşti, Editura tehnică, 1958.
6. DUTSCHE, W. *Qualitätsregelung in der Fertigung.* Stuttgart, Technische Hochschule, 1964.
7. EGOROV, M.E. ş.a. *Tehnologia maşinostroenia.* Moscova, Izdatelstvo „Vîsşaia Skola“ 1965.
8. ENACHE, ŞT. *Calitatea suprafeţelor prelucrate.* Bucureşti, Editura tehnică, 1966.
9. HORNUNG, A. *Fémfelületek finommehmunkálása. Budapest*, Müszaki könyvkiadó, 1963.
10. IAKOBSON, M.D. *Tehnologia stankostroienia.* Moscova, Maşinostroenie, 1966.
11. ISUTKIN, V.I. *Reglarea maşinilor-unelte.* Bucureşti, Editura tehnică, 1962.
12. KORSAKOV, V.S. *Tocinosti mehaniceskoi obrabotki.* Moscova, Maşghiz, 1961.
13. LĂZĂRESCU, I. *Toleranţe, ajustaje, calibre.* Bucureşti, Editura tehnică, 1963.
14. LĂZĂRESCU, I. ş.a. *Toleranţe şi măsurători tehnice.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1969.
15. MERITT, H.E. *Theory of Self-Excited Machine-Tool. în*: Journal of Enginering for Industry, nov., 1965.
16. NASLIN, P. *Circuite logice şi automatizări secvenţiale* (traducere din lb. franceză). Bucureşti, Editura tehnică, 1967.
17. PÉLEGRIN, M. *Calculatoare analogice şi numerice* (trad. din lb. franceză). Bucureşti, Editura tehnică, 1966.
18. POPOVICI, C. SAVII, GH. şi KILLMAN, V. *Tehnologia construcţiei de maşini.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1967.
19. PETRICEANU, GH. *Contribuţii în legătură cu stabilirea unei metode pentru determinarea influenţei variaţiei temperaturii din păpuşa fixă a strungului asupra preciziei de prelucrare a arborilor cu fixarea între vîrfuri. În:* Buletinul ştiinţific al Inst. Politehnic din Cluj, nr. 8, 1965, p. 385—398.
20. PETRICEANU, GH. *Contribuţii la determinarea influenţei variaţiei temperaturii în cuţit asupra preciziei de prelucrare a pieselor cilindrice netede fixate între vîrfuri. În:* Buletinul ştiinţific al Ins. politehnic din Cluj, nr. 8, 1965, p. 399—411.
21. PETRICEANU, GH. *Contribuţii în legătură cu stabilirea preciziei de prelucrare la strunjire, avînd în vedere variaţia temperaturii în sistemul tehnologic M.D.S.P.* În: Buletinul ştiinţific al Inst. politehnic din Cluj, nr. 9, 1966, p. 225—233.

22. PETRICEANU, GH. *Contribuţii la stabilirea influenţei deformaţiei termice a sistemului tehnologic M.D.S.P. asupra preciziei de danturare.* În: Buletinul ştiinţific al Inst. politehnic din Cluj, nr. 11/2, 1968, p. 143–151.

23. SAVANT, C.J. *Calculul sistemelor automate* (trad. din lb. engleză). Bucureşti, Editura tehnică, 1967.

24. SIMON, W. *Conducerea numerică a maşinilor-unelte* (trad. din lb. germană). Bucureşti, Editura tehnică, 1967.

25. SIROTIN, A.A. *Comanda automată a acţionărilor electrice* (trad. din lb. rusă). Bucureşti, Editura tehnică, 1961.

26. TOBIAS, S.A. *Sschwingungen an Werkzeugmaschinen. München*, Carl Hanser Verlag, 1961.

27. TOBIAS, S.A. *Vibraţiile maşinilor-unelte,* În: Şocuri şi vibraţii (trad. din lb. engleză – S.U.A.), sub redacţia C. Harris şi Ch. Crede, V. III. Bucureşti, Editura tehnică, 1969.

28. * * * *RTM* 23–61. *Metodika rasciota razmernîh ţepei* (na baze teorii veroiatnostei). Moscova. Gosudarstvernnoe izdatelstvo standardov, 1963.

II. PROCEDEE ŞI PROCESE TEHNOLOGICE DE PRELUCRARE

7. PRELUCRAREA MATERIALELOR METALICE PRIN TURNARE

Tehnica turnării cuprinde totalitatea mijloacelor cu ajutorul cărora se pot obține piese, prin umplerea cu metal topit a unor cavități „formate" într-un material refractar.

Cavitatea formei poate fi executată, manual sau mecanic, într-o masă refractară plastică, constituită în general dintr-un nisip cu o anumită granulație, din liant și apă (fig. 7.1). Forma executată în amestec de formare poate fi utilizată la turnare, în stare crudă (umedă) sau în stare uscată, în funcție de metalul ce se toarnă, de grosimea pereților și de configurația piesei. La acest mod de execuție a formei se utilizează modele de lemn sau metalice, libere sau fixate pe plăci de model. Cu această metodă se pot turna piese de la cîteva zeci de grame la cîteva sute de tone.

Pentru turnarea de precizie se utilizează metode la care formele și miezurile se întăresc înainte de demulare (extracție) pe model, respectiv în cutia de miez. În acest scop, modelele se acoperă cu un material plastic care se autoîntărește (metoda Shaw), cu nisip peliculizat cu o rășină sintetică în cazul formării în coji (metoda Croning) (fig. 7.2) sau cu un amestec fluid conținînd ca liant silicatul de etil, în cazul formării în coji cu modele fuzibile (fig. 7.3). Modelele utilizate la aceste trei tehnologii sînt, metalice reci (metoda Shaw), metalice calde (metoda Croning) și din amestecuri ușor fuzibile (stearină, parafină, polistiren etc.); în acest din urmă caz modelele se evacuează prin topire. Piesele ce se pot turna prin aceste metode sînt mijlocii (100—200 kg) și mai ales mici (ultimele două metode).

La turnarea fontei și în special a metalelor neferoase, se utilizează și forme metalice, în cavitatea cărora metalul poate fi introdus prin cădere liberă, injectat sub presiune sau absorbit. În aceste cazuri gradul de precizie al pieselor este mărit față de turnarea clasică în forme din amestec de formare cu nisip; formele metalice, datorită duratei lor de utilizare se numesc și forme permanente. Exceptînd cilindrii de laminor, piesele ce se toarnă cu aceste metode sînt mijlocii și mici.

În fig. 7.4 se arată un exemplu de formă metalică pentru turnarea prin cădere liberă.

Alegerea metodei de turnare, operație ce revine tehnologului, depinde atît de metalul care se toarnă, cît și de configurația piesei, de dimensiunile acesteia, de mărimea seriei și de condițiile speciale calitative impuse prin condițiile tehnice.

Condițiile de calitate impuse piesei pot, la rîndul lor, în anumite cazuri, determina metoda de execuție a formei de turnare.

7.1. CONSTRUCȚIA PIESELOR TURNATE

Pentru proiectantul de mașini construcția pieselor turnate trebuie să pornească de la criterii tehnico-economice complexe a căror analiză să determine soluția optimă. Se are în vedere imensul progres al tehnicii, varietatea mare de materiale de construcție în

afara aliajelor turnate ca: materiale plastice, pulberi metalice, piese forjate, matriţate sau de construcţie sudată etc.

Proiectantul de piese turnate va trebui să ţină cont la construcţia acestora, de metoda de execuţie estimată, de natura aliajului ce urmează a se turna, de condiţiile de solidificare, de posibilităţile de curăţire şi de o serie de consideraţiuni economice (modele de lemn sau metalice, mecanizarea procesului de formare, de prelucrare mecanică etc).

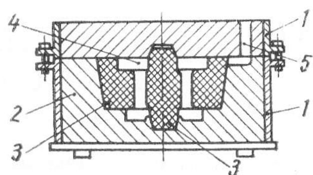


Fig. 7.1. Formă de turnare executată într-un amestec de nisip cuarţos, cu argilă şi apă:

1 — ramă; *2* — amestec de formare îndesat; *3* — miez; *4* — cavitatea formei; *5* — reţeaua de turnare

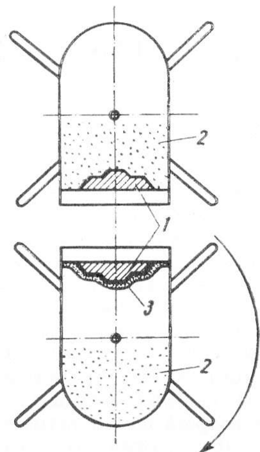


Fig. 7.2. Obţinerea formei-coajă (metoda Croning), cu plan de separaţie, utilizînd nisip peliculizat:

1 — model cald; *2* — nisip peliculizat; *3* — coaja formată

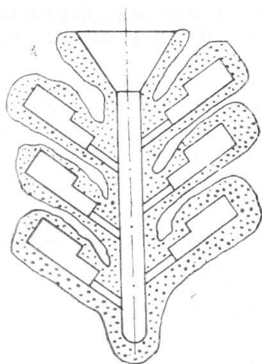


Fig. 7.3. Forme coajă fără plan de separaţie, obţinute cu modele fuzibile

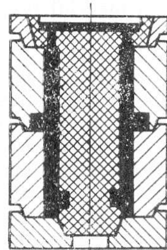


Fig. 7.4. Formă metalică pentru turnarea prin cădere liberă

7.1.1. CONSTRUCŢIA PIESELOR TURNATE ŢINÎND SEAMA DE METODA DE FORMARE

Configuraţia piesei turnate este determinată de posibilităţile de formare, de obţinere a cavităţii formei şi golurilor interioare ale piesei; de asemenea, dimensiunile piesei turnate, ca şi precizia acestor dimensiuni, corelate cu posibilităţile de prelucrare, nu pot fi desprinse de metoda de formare a cavităţii care urmează a fi umplută cu metal lichid.

7.1.1.1. CONSTRUCŢIA PIESELOR TURNATE ÎN FORME DIN AMESTECURI DE FORMARE (FORME DE NISIP). Posibilităţile constructive, din punct de vedere al proiectantului de piese turnate, sînt cele mai largi în cazul execuţiei cavităţii de turnare într-o formă de nisip.

Una dintre problemele de bază ce se pun la construcţia pieselor turnate în forme de nisip este *determinarea grosimii minime a pereţilor pieselor turnate*. Alegerea grosimii minime se face luînd în considerare gabaritul şi greutatea piesei turnate, rolul pereţilor şi natura metalului. La turnarea pieselor mari din fontă sau din oţel, în forme de nisip, valoarea grosimii minime a pereţilor piesei poate fi adoptată din diagrama reprezentată în fig. 7.5, în funcţie de un indice N, care caracterizează gabaritul piesei şi a cărui valoare se determină din relaţia [1]:

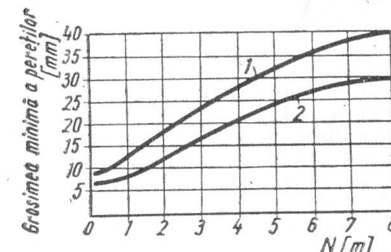


Fig. 7.5. Grosimea minimă a pereţilor piesei în funcţie de valoarea indicelui N:

1 — oţel; *2* — fontă

$$N = \frac{2L + B + H}{3} \text{ [m]}$$

în care: L este lungimea piesei, m;
B — lăţimea piesei, m;
H — înălţimea piesei, m.

Pentru $N \geqslant 8$ m, grosimea pereţilor se adoptă de minimum 40 mm la piesele turnate din oţel şi de minimum 30 mm la piesele turnate din fontă.

La proiectarea pieselor turnate din fontă (oţel) sau metale neferoase, pentru grosimea minimă a pereţilor se pot adopta şi valorile indicate în tabelul 7.1.

În ceea ce priveşte găurile minime ce se pot obţine prin turnare, în tabelul 7.2 se dau diametrele minime prin raport cu grosimea peretelui în care se prevede gaura [2]. Este de reţinut pentru proiectantul de piese turnate, că în tehnica turnării este posibil să se obţină găuri în pereţii piesei direct din turnare; dimensiunile găurilor ce se pot obţine prin formare (fără miez) sînt date în tabelul 7.3.

Pentru ca modelul să poată fi extras din formă (din amestecul de formare îndesat) este necesar ca pereţii pieselor să aibă înclinări constructive în direcţia de extracţie (fig.7.6.). În cazul în care nu au fost prevăzute la proiectarea piesei, aceste înclinări vor fi prevăzute de tehnologul turnător, caz în care ele se încadrează în grupa adaosurilor tehnologice

Tabelul 7.1

Grosimea minimă a pereților pieselor, turnate în amestec de formare

Aliajul turnat	Rezistența la tracțiune da N/mm²	Dimensiunea maximă a piesei, mm					
		100	250	500	1000	2000	4000
Fontă cenușie	15	3	3	4	6	10	—
	20	4	4	5	7	12	25
	25	—	5	6	9	15	30
	30	—	6	8	12	20	40
Fontă cu grafit nodular	—	4	4—5	5	8	12	—
Fontă maleabilă	—	3	3	4	6—8	—	—
Oțel carbon	—	—	5	6	10	20	40
Aliaje cu bază de cupru	—	3	3	5	8	—	—
Aliaje cu bază de aluminiu	—	3	3—4	6—8	6—8	10—15	—
Aliaje cu bază de magneziu	—	3	4	5	8	15	—

Tabelul 7.2

Diametrele minime ale găurilor obținute prin turnare (cu miez)

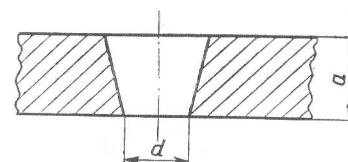
Lungimea sau înălțimea găurii, mm	Grosimea peretelui în care se prevede gaura, mm							
	⩽ 25	26 — 50	51 — 80	81 — 125	126 — 180	181 — 265	266 — 360	⩾361
⩽25	25	25	25	25	25	25	25	30
26—50	28	32	33	33	33	33	33	40
51—100	32	38	40	40	40	40	40	50
101—150	38	42	50	50	50	50	50	60
151—250	—	48	55	60	60	60	60	70
251—400	—	54	65	80	80	80	80	90
401—600	—	—	72	90	100	100	100	110
601—800	—	—	76	95	105	110	110	115
801—1000	—	—	80	100	110	120	120	125
⩾1001	—	—	—	110	120	132	145	160

Observație. În cazuri speciale, la piese din fontă maleabilă se pot folosi miezuri cu diametrul pînă la 6—8 mm.

care în cele mai multe cazuri trebuie să fie înlăturate prin prelucrare mecanică. În cazul părților pieselor turnate, care rămîn neprelucrate, înclinările constructive se precizează pe desen, fie prin valoarea α, fie prin panta a/h; acest raport se exprimă cu numărătorul redus la unitate. Unghiurile de înclinare recomandate sînt indicate în tabelul 7.4.

Tabelul 7.3

Dimensiunile minime ale găurilor obținute prin formare (fără miez)

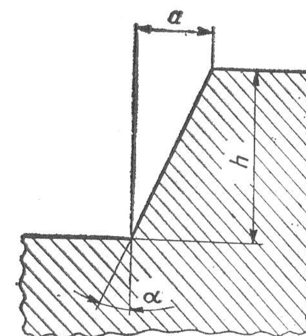


Înclinarea pereților găurilor 1:10

Dimensiuni, mm		Dimensiuni, mm	
a	*d*	*a*	*d*
4—6	8	12—14	16
6—8	10	14—16	18
8—10	12	16—18	20
10—12	14	18—20	22

Tabelul 7.4

Unghiuri de înclinare recomandate la piesele turnate



Panta constructivă *a/h*	Unghiul α	Domeniul de aplicare în funcție de *h*
1 : 5 1 : 10	11°30′ 5°30′	⩽25 mm
1 : 20 1 : 30	3° 2°	26—500 mm
1 : 50 1 : 100 1 : 200	1° 0°40′ 0°20′	⩾ 501 mm

În fig. 7.7 se arată modul în care trebuie aplicate înclinările constructive la diverse tipuri de piese turnate [3].

Constructorul de piese turnate trebuie să țină cont de faptul că bosajele (adaosuri cilindrice pe pereții pieselor) destinate asamblării, nu trebuie să îngreuneze formarea. În fig. 7.8 se arată modul în care constructorul poate soluționa problema sau se poate declara de acord, la propunerea tehnologului de piese turnate.

Din aceleaşi considerente, legate de extracţia modelului din formă, în unele cazuri constructorul este obligat să corijeze pereţii piesei turnate în sensul în care arată exemplul din fig. 7.9 [4].

La execuţia formelor de turnare în amestecuri de nisip clasice, prevederea unei aşezări incorecte a miezurilor în cavitatea formei poate provoca unele dificultăţi capabile

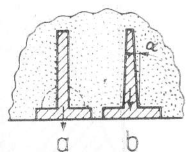


Fig. 7.6. Înclinare constructivă necesară demulării:
a — fără înclinare (forma se rupe după linia punctată); *b* — cu înclinare corectă

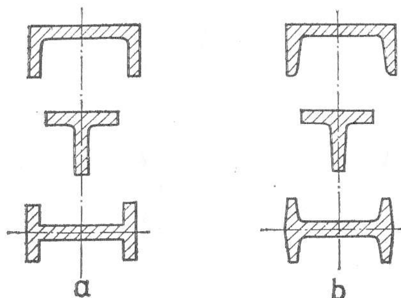


Fig. 7.7. Înclinări constructive prevăzute la piese, în direcţia de extracţie a modelului:
a — greşit; *b* — corect

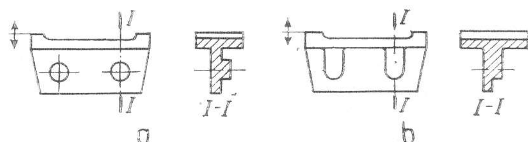


Fig. 7.8. Plasarea bosajelor de către constructor pe piesa turnată:
a — greşit; *b* — corect

să mărească în mod forţuit rebutul pieselor turnate. Aşa de pildă, insuficienţa mărcilor miezurilor sau construcţia greşită a golurilor interioare pot creea condiţii de instabilitate a miezurilor în timpul turnării. În fig. 7.10 se ilustrează prin trei exemple astfel de situaţii. Se observă cum prin neînsemnate modificări constructive se poate remedia poziţia dezechilibrată a miezurilor.

În sfîrşit, la turnarea în forme de nisip, ca şi la alte metode de formare, constructorul de piese turnate este obligat să aibă în vedere cele mai simple configuraţii pentru a

nu complica operaţia de formare. Pentru a ilustra o astfel de situaţie, în fig. 7.11 se arată modul în care se poate simplifica forma constructivă a unui suport de lagăr astfel încît pînă la urmă să se renunţe şi la miezul central.

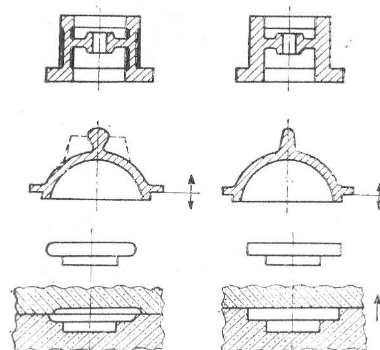


Fig. 7.9. Modificarea constructivă a piesei pentru uşurarea demulării

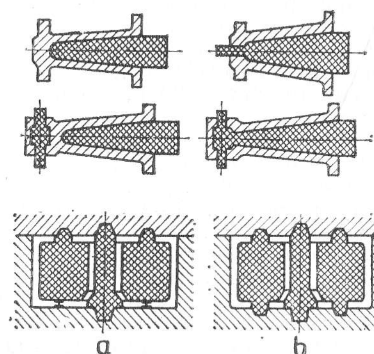


Fig. 7.10. Modificări constructive pentru mărirea stabilităţii miezurilor:
a — greşit; *b* — corect

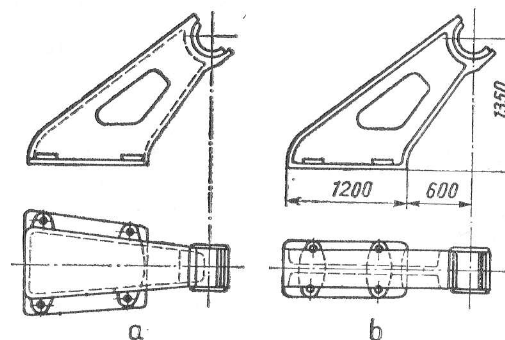


Fig. 7.11. Modificări constructive la un suport de lagăr

7.1.1.2. CONSTRUCŢIA PIESELOR TURNATE ÎN FORME COJI. Turnarea pieselor în forme coji se caracterizează printr-o precizie mărită şi calitate deosebită a suprafeţelor pieselor faţă de turnarea clasică în nisip, fie că este vorba de coji cu plan de separaţie, fie de coji fără plan de separaţie (obţinute cu modele fuzibile).

Ceea ce caracterizează metoda de formare în coji cu plan de separaţie este stabilitatea redusă în timp a formei la contactul cu metalul turnat datorită arderii liantului (răşina sintetică). Din această cauză nu se pot turna piese cu pereţi groşi şi de dimensiuni mari. Este de dorit ca aliajul turnat să se solidifice repede, cel puţin la exterior, pentru a putea obţine integritatea piesei turnate.

Aplicaţiile cele mai curente ale turnării în coji, fără plan de separaţie, se găsesc în industria automobilelor unde se realizează prin această metodă: blocuri de motor, arbori cotiţi, axe cu came, supape de evacuare, culbutori etc. Toleranţele ce se pot obţine cu această metodă la secţiuni de 30–50 mm sînt de ordinul 0,1–0,3 mm.

La turnarea în coji fără plan de separaţie, realizate cu modele fuzibile, se pot obţine toleranţe şi mai strînse. Astfel, pentru secţiuni de 30–50 mm se pot realiza toleranţe de ordinul 0,03–0,1 mm, ceea ce pentru piesele mici la care această metodă este proprie reprezintă o înaltă clasă de precizie. În mod obişnuit, cu această metodă nu se toarnă piese mai grele de 0,5 kg şi mai lungi de 100 mm; de reţinut că se pot obţine în schimb grosimi de perete de 1–3 mm. În ultimul timp s-a reuşit să se găsească aplicaţii, în afara pieselor mici considerate clasice pentru acest sistem (roţi dinţate, cleme, cremaliere, pîrghii, piese de legătură etc.) şi în domeniul fabricaţiei turbinelor cu aburi de mare putere şi anume la turnarea paletelor. Ceea ce caracterizează această metodă este faptul că modelul evacuîndu-se prin topire poate avea configuraţii oricît de complicate, acestea păstrîndu-se la cote precise în forma de turnare.

7.1.1.3. CONSTRUCŢIA PIESELOR TURNATE ÎN FORME METALICE. Pentru constructorul de piese turnate în forme metalice sînt importante următoarele:

— grosimea pereţilor piesei turnate să fie suficient de mare pentru ca forma să fie complet umplută cu metal lichid în cazul unui proces tehnologic normal (tabelul 7.5);

— configuraţia pieselor trebuie să fie în aşa fel aleasă încît acestea să poată fi scoase uşor din formă, cu un număr minim de suprafeţe rectilinii de separaţie şi de miezuri din nisip;

Tabelul 7.5

Caracteristicile constructive ale pieselor turnate în cochile

Denumirea caracteristicii	Valoarea caracteristicii la piesele turnate: Mici	Mijlocii	Mari
Grosimea de perete a piesei, în mm:			
— la piese fără miez;	3	8	15 – 20
— la piese cu miez de amestec	2,5	5	10 – 15
Razele de racordare interioare ale colţurilor piesei, în mm	$r = \frac{a+b}{5}$	$r = \frac{a+b}{4}$	$r = \frac{a+b}{3}$
Unghiul de înclinare al pereţilor interiori ai piesei, formaţi de miezuri metalice sau de proeminenţele formei metalice, în grade	5	3	2

Observaţii. Cotele *a* şi *b* reprezintă grosimea pereţilor alăturaţi ai piesei turnate.

— pentru reducerea crăpăturilor trebuie evitate trecerile bruşte de la pereţii groşi la cei subţiri.

La piesele turnate din metale neferoase, în special aliaje de aluminiu, o problemă importantă o constitue profilarea nervurilor de răcire ale cilindrilor şi capetelor de motoare.

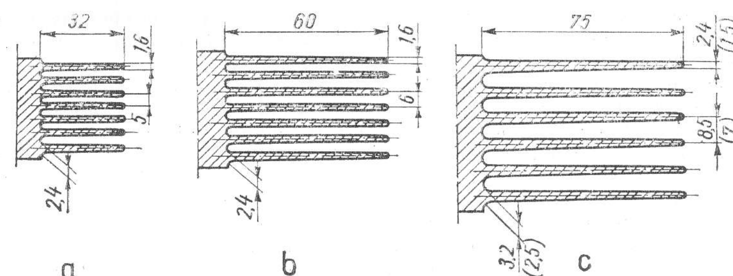


Fig. 7.12. Construcţia nervurilor de răcire înalte

În fig. 7.12 se dă un exemplu de execuţie prin turnare a unor asemenea nervuri subţiri şi înalte.

Lungimea găurilor turnate nu trebuie să depăşească:

— 4 *d* pentru găurile cu diametrul pînă la 6 mm;

— 6 *d* pentru găurile cu diametrul de la 6 la 12 mm;

— 8 *d* pentru găurile cu diametrul de la 12 la 25 mm.

7.1.1.4. CONSTRUCŢIA PIESELOR TURNATE SUB PRESIUNE. Această metodă de turnare oferă cele mai precise dimensiuni şi suprafeţele optime pieselor turnate faţă de celelalte metode cunoscute. În tabelul 7.6 se dau caracteristicele

Tabelul 7.6

Greutatea, dimensiunile şi grosimea pereţilor pieselor turnate sub presiune

Aliajul	Greutatea maximă a piesei turnate, daN	Dimensiunile exterioare maxime ale piesei turnate, mm	Grosimea minimă a pereţilor, în mm, la o suprafaţă a piesei turnate, cm²: 25	26–100	101–500	501
Aliaje cu bază de plumb	1	300×200×200				
Aliaje cu bază de staniu	0,5(1)		0,6–1	1–1,5	1,5–2	—
Aliaje cu bază de zinc	16(20)					2–25
Aliaje cu bază de aluminiu	25	800×600×300	0,8–1,2	1,2–1,8	1,8–2,5	2,5–3
Aliaje cu bază magneziu	5(7)					
Aliaje cu bază de cupru	5	400×250×15	1,5–2	2–2,5	2–3,3	3–4

principale ale pieselor turnate sub presiune, considerate realizabile în condiţiuni normale. Ca performanţe se citează şi piese turnate sub presiune de greutăţi şi gabarite mai mari (blocuri de motor, culase etc.).

Caracteristică pentru construcţia pieselor turnate sub presiune este necesitatea imperioasă de a avea pereţii piesei turnate cît mai uniformi. Menţinerea unei grosimi constante a pereţilor permite să se obţină piese turnate mari şi complicate fără defecte.

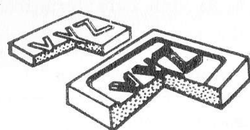
Trebuie evitate construcţii a căror tensiuni provocate de contracţie produc încovoierea şi uzura intensă a miezurilor. Nu este recomandabil să se folosească găuri lungi, subţiri şi mai ales interpătrunse.

Pe cît posibil trebuie evitate găurile, ferestrele sau deschiderile în pereţii laterali.

Înclinările constructive ce trebuie aplicate pieselor turnate sub presiune depind de poziţia suprafeţelor, respectiv dacă acestea sînt exterioare piesei turnate (se desprind la răcire de pereţii formei metalice) sau interioare, realizate cu miezuri (în jurul cărora metalul se solidifică şi se contractă).

Înclinările ce se aplică suprafeţelor exterioare şi celor interioare realizate cu miezuri care pot fi extrase (lăţimea acestora < 100 mm) au următoarele valori minimale:

- aliaje cu bază de plumb şi staniu 1 : 1000;
- aliaje cu bază de zinc 1 : 600;
- aliaje cu bază de aluminiu 1 : 200;
- aliaje cu bază de magneziu 1 : 400;
- aliaje cu bază de cupru 1 : 100.



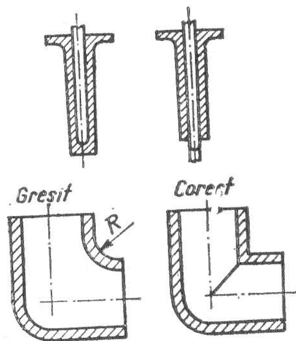


Fig. 7.13. Exemple privind construcţia greşită şi corectă a pieselor turnate sub presiune

Valoarea înclinărilor suprafeţelor realizate cu miezuri permanente trebuie să fie dublă.

Tehnica turnării sub presiune permite realizarea unor piese de mare precizie şi cu forme deosebit de complicate dacă se respectă principiile constructive de bază (fig. 7.13). Astfel se realizează carburatoare, carcase pentru aparate de fotografiat şi filmat, cutii de transmisie pentru maşini de spălat, roţi dinţate, piese cu filete interioare şi exterioare etc.

7.1.2. CONSTRUCŢIA PIESELOR TURNATE ŢINÎND SEAMĂ DE CONDIŢIILE DE SOLIDIFICARE.

După turnare, metalul fiind încă lichid în cavitatea formei începe să se contracte, proces care la început se traduce prin scăderea nivelului topiturii din pîlnii şi maselote, pentru ca în continuare contracţia să conducă la formare de goluri în nodurile termice (retasuri) şi la tensiuni în sistemul de bare şi suprafeţe din care este constituită piesa.

Contracţia se produce în mod diferit la acelaşi metal şi chiar la aceeaşi piesă în funcţie de modul în care are loc contracţia liniară în pereţii piesei şi în special dacă contracţia este liberă sau frînată.

Cu titlu orientativ, în tabelele 7.7 şi 7.8 se dau valorile contracţiilor liniare ale pieselor turnate pentru diferite aliaje, iar în fig. 7.14 se arată tipurile constructive de piese clasificate în funcţie de comportarea la contracţie.

Tabelul 7.7

Contracţia liniară a aliajelor feroase turnate în piese [1]

Aliajul	Compoziţia chimică, %						Temperatura de turnare, °C	Dilatarea iniţială, %	Contracţia antiperlitică, %	Dilatarea în timpul transformării eutectoide, %	Contracţia perlitică, %	Contracţia liniară totală, %
	C	Si	Mn	P	S	Mg						
Fontă cenuşie	3,30	3,14	0,66	0,095	0,026	—	1270	0,025	0,845	0	1	0,982
Fontă albă	2,65	1,00	0,48	0,060	0,015	—	1300	0	1,180	0	1	2,180
Fontă cu grafit nodular cu ruptură cenuşie	3,00	2,96	0,69	0,11	0,015	0,045	1250	0,60	0,418	0,01	1	1,007
Fontă cu grafit nodular cu ruptură albă	3,35	2,38	0,40	0,06	0,009	0,089	1240	0,025	0,845	0	1	1,820
Oţel carbon	0,14	0,15	0,14	0,05	0,01	—	1530	0	1,280	0,080	1	2,161
Oţel silicios	0,61	3,61	0,42	0,05	—	—	1520	0	0,885	0	1	1,885

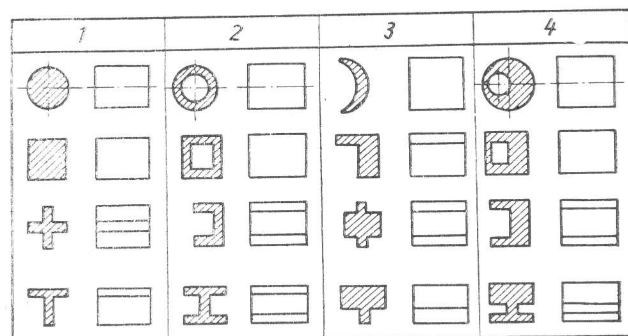


Fig. 7.14. Tipuri constructive de piese în funcţie de comportarea la contracţie:

1 — contracţie liberă; *2* — contracţie cu frînare mecanică; *3* — contracţie cu frînare termică; *4* — contracţie complexă cu frînare mecanică şi termică

Tabelul 7.8

Contracţiile liniare a diferitelor aliaje turnate în piese [3]

Aliajul şi piesele turnate	Construcţia, %	
	frînată	liberă
Fontă cenuşie		
— piese turnate mici şi mijlocii	0,9	1,0
— piese turnate mari	0,8	0,9
— piese turnate foarte mari	0,7	0,8
Fontă maleabilă	1,0	1,5
Oţel carbon şi slab aliat	1,3—1,7	1,6—2,0
Oţel cu crom	1,0—1,4	1,3—1,7
Oţel ferito-austenitic	1,5—1,9	1,8—2,2
Oţel austenitic	1,7—2,0	2,0—2,3
Bronz cu staniu	1,2	1,4
Bronz cu aluminiu	1,6—1,8	2,0—2,2
Alame obişnuite	1,5—1,7	1,8—2,0
Alame cu siliciu	1,6—1,7	1,7—1,8
Alame cu mangan	1,8—2,0	2,0—2,3
Aluminiu cu siliciu (silumin)	0,8—1,0	1,0—1,2
Aluminiu cu cupru (7—12% Cu)	1,4	1,6
Aluminiu cu magneziu (10% Mg)	1,0	1,3
Aliaje de magneziu (electron)	1,2	1,6

În asemenea condiţii rapoartele secţiilor sau grosimilor diverşilor pereţi care compun piesele turnate nu pot fi luate de constructor *numai pe baza datelor de calcul* deoarece aceasta poate duce la piese netehnologice, care dau dificultăţi numeroase la execuţie.

Îmbinarea a doi, trei sau patru pereţi conduce la existenţa unui *nod termic* de care constructorul de piese turnate trebuie să ţină seama în toate cazurile.

Îmbinările pereţilor pieselor turnate pot fi reduse în mod simplificat la următoarele tipuri:

— frontală (unirea cap la cap a doi pereţi aflaţi în acelaşi plan însă avînd grosimi diferite);
— în unghi drept (îmbinarea în formă de L);
— în unghi ascuţit (îmbinare în formă de V);
— ramificată (îmbinarea a trei pereţi în formă de Y sau T);
— încrucişată (îmbinarea a patru pereţi în formă de X sau +).

În fig. 7.15 se arată îmbinarea frontală a doi pereţi foarte des întîlnită în construcţia pieselor turnate. La piesele din fontă de exemplu, este necesar să se respecte raportul:

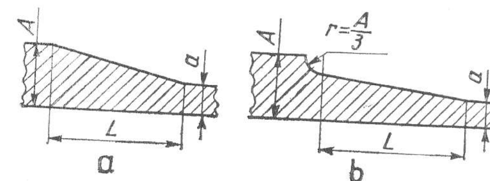


Fig. 7.15. Îmbinare frontală a doi pereţi cu grosimi diferite

$\frac{A-a}{L} \leqslant \frac{1}{4}$ pentru a se asigura o trecere lină; la piesele din oţel, acelaşi raport ajunge la 1 : 5.

În cazul îmbinărilor în unghi a doi pereţi se pot lua în considerare datele de racordare indicate în tabelul 7.9.

Dacă raportul $A : a \leqslant 2$ (fig. 7.16, *a*), pentru evitarea îngroşărilor locale şi obţinerea unor treceri line la colţuri, racordarea se face cu o rază exterioară R egală cu grosimea peretelui A şi cu o rază interioară

$$r = \left(\frac{1}{6} \cdots \frac{1}{3}\right) \frac{A+a}{2}.$$

La diferenţe mai mari între grosimea pereţilor (fig. 7.16, *b*) se recomandă construirea trecerilor astfel încît: $c \approx 3\sqrt{A-a}$; $a + c \leqslant A$, iar $h \geqslant 4c$ în cazul pieselor din fontă şi $h \geqslant 5c$ în cazul celor din oţel. Valoarea lui c se alege în funcţie de raportul $A : a$, astfel:

$A : a$	$> 2{,}5$	$1{,}8 - 2{,}5$	$1{,}25 - 1{,}8$	$< 1{,}25$
c	$0{,}7(A-a)$	$0{,}8(A-a)$	$A - a$	—

Pentru racordarea a trei pereţi, în tabelul 7.10 se dau o serie de date pentru diferite construcţii posibile în practică.

Tabelul 7.9

Racordarea a doi pereţi

Tipul de racordare		Raportul $A:a$	Unghiul dintre pereţi, $\alpha°$	R
recomandat	admis			
		1	75—105	$r+a$
		1	< 75	$r+a$
		1	> 105	$r+a$
		1,25	75—105	$r+a$
		> 1,25	75—105	$r+a+c$
		> 1,25	< 75	$r+m$

Tabelul 7.10

Racordarea a trei pereţi

Configuraţia pereţilor	Caracteristici constructive		
	$A \approx 1,25a$	$\alpha = 75°... 105°$	—
	$A \approx 1,25a$	$\alpha < 75°$	$R = A + r$
	$A > 1,25a$	$\alpha = 75°...105°$	$h = 8c$ pentru fontă cenuşie $h = 10c$ pentru oţel
	$A > 1,25a$	$\alpha < 75°$	$h = 8c$ pentru fontă $h = 10c$ pentru oţel $m = a + c$ $R = r + m$

Racordarea a trei pereţi în cazul general se poate construi ca în fig. 7.17, *a* caz în care: $c \approx 3\sqrt{A - a}$; $a + c \leqslant A$ iar $h \geqslant 4c$ în cazul pieselor din fontă cenuşie şi $h \geqslant 5c$ pentru cele din oţel. De asemenea, se poate construi şi ca în fig. 7.17, *b* unde:

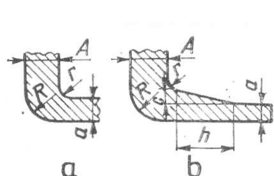


Fig. 7.16. Racordarea generală a doi pereţi în unghi drept, avînd diferite grosimi de perete

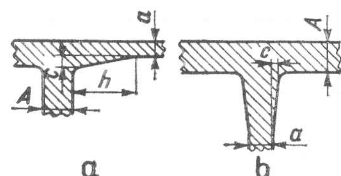


Fig. 7.17. Racordarea generală a trei pereţi cu grosimi diferite

$c \approx 1{,}5\sqrt{A - a}$; $a + 2c \leqslant A$ iar $h \geqslant 8c$ pentru piesele din fontă şi $h \geqslant 10c$ pentru piesele din oţel. Valoarea lui *c* se alege în funcţie de raportul $A : a$, astfel:

$A : a$	$> 2{,}5$	$1{,}8 - 2{,}5$	$1{,}25 - 1{,}8$	$< 1{,}25$
c	$\frac{0{,}7A - a}{2}$	$\frac{0{,}8A - a}{2}$	$\frac{A - a}{2}$	—

În cazul pieselor turnate din aliaje cu bază de aluminiu, pentru racordarea a doi şi trei pereţi (fig. 7.18) se recomandă adoptarea următoarelor date constructive:

$$h = 2(A + a);\; h_1 = 2{,}5(A + b);\; c = 0{,}75A;\; d = r = 0{,}5A + a;$$

$$l = 0{,}5(A + a).$$

Se recomandă, în toate cazurile în care este posibil, în deosebi cînd este vorba de nervuri, să se evite îmbinarea în X sau + înlocuindu-le cu îmbinările în Z.

În acelaşi timp, trebuie evitate nervurile care pornesc în fascicole dintr-un punct comun. În fig. 7.19 se arată cum trebuie evitate aceste îmbinări în cîteva cazuri. Un caz curent în construcţia batiurilor este cel arătat în fig. 7.20 în care se pot observa soluţiile prin care se evită nodurile termice create de îmbinarea nervurilor cu pereţii piesei.

Un caz particular în îmbinările dintre un perete drept şi unul cilindric, care creează un nod termic important, susceptibil de retasură, se arată în fig. 7.21. Cînd este realizată construcţia, pentru evitarea îmbinării în cruce, se poate proceda aşa cum se arată în fig. 7.22.

Este de reţinut însă că nu numai retasurile trebuie evitate ci şi tensiunile remanente mari în pereţii pieselor turnate (cauzate la rîndul lor de contracţia în stare solidă) care pot conduce la deformări sau fisuri.

De exemplu în cazul roţilor de curea, în obadă, care se răceşte mai repede decît spiţele, vor exista tensiuni remanente de comprimare, iar în spiţe, de întindere, ceea

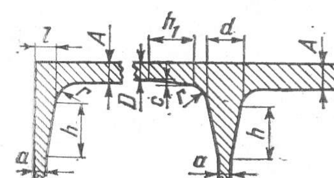


Fig. 7.18. Racordarea pereţilor pieselor turnate din aliaje cu bază de aluminiu

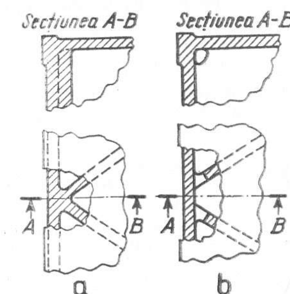


Fig. 7.20. Nervuri de întărire îmbinate cu pereţii piesei turnate

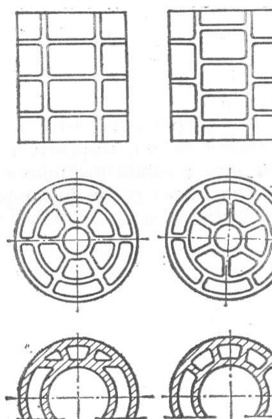


Fig. 7.19. Exemple de rezolvare constructivă a îmbinărilor nervurilor

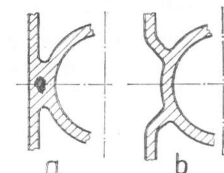


Fig. 7.21. Cilindru asamblat cu un perete drept (pompe, compresoare)

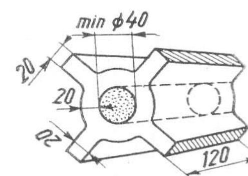


Fig. 7.22. Îmbinarea corectă a patru pereţi în formă de cruce (nodul termic s-a evitat printr-un miez central)

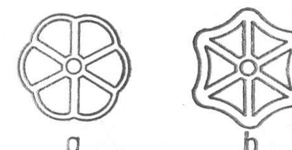


Fig. 7.23. Deformarea roţilor şi volanelor datorită tensiunilor remanente

ce va conduce la deformări în genul celor din fig. 7.23, *a*. În cazul volanelor, unde obada este mai groasă și drept urmare se răcește mai încet decît spițele, natura tensiunilor este inversă iar volanele se vor deforma ca în fig. 7.23, *b*.

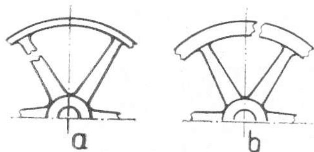


Fig. 7.24. Crăparea roților și volanelor datorită tensiunilor de întindere

Dacă rezistența materialului este depășită, se va produce crăparea spițelor sau obezii ca urmare a tensiunilor de întindere (fig. 7.24).

În exemplele examinate mai sus (roți de curea și volane), tensiunile remanente sînt de natură termică.

Pentru a se obține roți cu tensiuni remanente minime este necesar ca:

$$\frac{R_{sp}}{R_{ob}} = 0{,}87 \ldots 0{,}913,$$

în care:

$$R_{sp} = \frac{F_{sp}}{P_{sp}} \quad \text{și} \quad R_{ob} = \frac{F_{ob}}{P_{ob}};$$

R_{sp} este grosimea echivalentă (modulul) a spiței;
R_{ob} — grosimea echivalentă a obezii;
F_{sp} și F_{ob} — suprafața secțiunii transversale a spiței respectiv a obezii;
P_{sp} și P_{ob} — perimetrul secțiunii transversale a spiței, respectiv a obezii.

În cazul pieselor cu configurație complicată este posibilă însumarea tensiunilor de turnare cu cele termice ceea ce complică mult solicitarea piesei în timpul solidificării. Este clar că în astfel de cazuri consultarea proiectantului cu tehnologul de turnătorie poate duce la rezultate pozitive.

7.1.3. CONSTRUCȚIA PIESELOR TURNATE ȚINÎND SEAMĂ DE NATURA ALIAJULUI TURNAT

În afară de contracția care activează diferit în cazul varietății mari de aliaje feroase și neferoase turnate, un aport important la realizarea unei piese de calitate are și temperatura de turnare.

7.1.3.1. CONSTRUCȚIA PIESELOR TURNATE DIN FONTE SPECIALE. Cele mai multe principii constructive descrise pînă acum sînt valabile pentru fontele cenușii obișnuite. În continuare ne vom ocupa de fontele speciale.

Construcția pieselor turnate din fontă modificată. Datorită tendinței de albire mai redusă a fontei modificate, față de fontele obișnuite, ele se pot turna fără riscuri în pereți avînd grosimi de 4—5 mm.

Fontele cenușii modificate, afară de faptul că au caracteristici mecanice superioare, permit să se obțină piese compacte care urmează a fi încercate la presiune (cilindrii, distribuitoare, corpuri de pompă etc.).

Se va avea în vedere că această fontă are totuși o tendință mai pronunțată de a forma retasuri concentrate, ceea ce impune constructorului o grijă deosebită la construcția nodurilor termice ale pieselor turnate și tehnologului la tehnica maselotării.

Construcții tipice de astfel de piese sînt: roți dințate (pentru mașini-unelte și vehicule), roți de rulare, arbori, batiuri de mașini-unelte, cămăși de cilindru, roți melcate, carcase de motoare, elemente de armătură etc.

Construcția pieselor turnate din fontă cu grafit nodular. Această fontă caracterizată prin cele mai înalte proprietăți mecanice dintre toate fontele, poate fi cu structură feritică, cînd pe lîngă o rezistență la tracțiune de minimum 40 daN/mm² are și o alungire mare (10—20%) sau cu structură perlitică, cînd are o rezistență mare la tracțiune de minimum 50 daN/mm² și o alungire redusă ($\approx 1{,}5\%$).

De remarcat rezistența la uzură (la uscat și cu ungere) ridicată a fontei cu grafit nodular, motiv pentru care această fontă are aplicații foarte interesante: roți dințate-cilindri de laminor, arbori cotiți, role de tractor, rotoare de pompe, matrițe pentru cărămizi etc. Se menționează și rezistența mărită la temperaturi înalte, mai ales la conținuturi ceva mai ridicate de siliciu (4—5%).

Privind construcția pieselor turnate din fontă cu grafit nodular trebuie să se aibă în vedere necesitatea folosirii maselotelor pentru alimentarea nodurilor termice și drept urmare dirijarea solidificării spre locurile unde pot fi amplasate maselotele în vederea alimentării finale.

Construcția pieselor turnate din fontă maleabilă. Contracția mare a fontei albe și tendința de a forma macroretasuri arată că la turnarea fontei maleabile, alimentarea nodurilor termice din maselote este obligatorie.

Se deosebesc fonte maleabile cu miez alb, a căror aplicație este limitată la piese cu pereți subțiri (3—15 mm) și fonte maleabile cu miez negru care se aplică și la piese cu pereți mai groși (maximum 40—50 mm).

În producția pieselor turnate din fontă maleabilă trebuie luată în seamă nu numai contracția liniară a piesei în timpul răcirii în formă, ci și modificarea dimensiunilor în timpul tratamentului termic.

Pentru a evita fisurarea pieselor turnate din fontă maleabilă sînt necesare o serie de măsuri dintre care cele mai importante sînt:

— evitarea modificărilor brușe ale secțiunilor;
— razele de racordare să nu fie mai mici de 0,5 în raport cu grosimea peretelui și, dacă nu apare frînarea contracției, racordările trebuie să fie de 2—3 ori grosimea peretelui;
— folosirea de spițe și grinzi curbate;
— consolidarea secțiunilor expuse la fisurare prin nervuri.

Piesele deformate în timpul tratamentului termic, pot fi îndreptate pe prese (la rece, fonta maleabilă cu miez negru și la cald, fonta maleabilă cu miez alb).

7.1.3.2. CONSTRUCȚIA PIESELOR TURNATE DIN OȚEL. Contracția mare a oțelului turnat este un parametru de care trebuie să țină seamă constructorul de piese din oțel deoarece aceasta conduce la retasuri, tensiuni și tendință de fisurare.

În piesele turnate din oțel pot apărea atît retasuri concentrate cît și microretasuri. Evitarea lor se poate face atît prin aportul constructorului cît și prin tehnica aplicată de tehnolog.

Acest aport este ilustrat de exemplele din fig. 7.25, fig. 7.26 și fig. 7.27 în care, de fiecare dată, s-a modificat construcția inițială a piesei turnate pentru a asigura eficiența maselotelor aplicate.

La piesele turnate din oțeluri aliate sînt unele caracteristici care trebuie să fie bine cunoscute de constructorul de piese turnate. Astfel:

— oțelul manganos austenitic, după călire, deși cu duritate mică (120—220 HB), se prelucrează foarte greu cu scule așchietoare normale și de aceea orificiile, chiar cu diametre mici, se caută a se obține prin turnare; contracția mare în stare solidă a acestui oțel favorizează apariția în piesele turnate a tensiunilor și crăpăturilor;

— oțelul Cr-Ni 18/8 are tendință de segregare a carburilor la limitele granulelor în cazul răcirii lente a piesei turnate și, de asemenea, datorită contracției mari, tendința de a forma retasuri și fisuri la cald.

Oţelurile înalt aliate turnate în piese necesită maselote mai puternice decît oţelurile carbon, iar piesele trebuie să fie astfel construite încît să asigure treceri line de la o

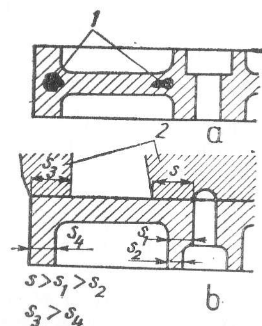


Fig. 7.25. Modificarea construcţiei unei roţi turnate din oţel:

— greşit; *b*— corect; *1* — retasuri; *2* — maselote

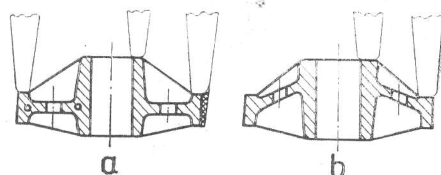


Fig. 7.26. Construcţia une roţi cu butuc înalt:

a — greşit, *b* — corect

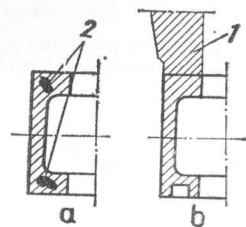


Fig. 7.27. Piesă din oţel cu noduri termice caracteristice la colţuri:

a — greşit; *b* — corect; *1* — maselotă; *2* — retasuri

suprafaţă la alta, pereţii pe cît posibil să aibă secţiuni egale şi configuraţia să frîneze cît mai puţin contracţia piesei.

7.1.3.3. CONSTRUCŢIA PIESELOR DIN ALIAJE NEFEROASE. Aliajele neferoase se pot clasifica în două mari categorii: aliaje cu bază de cupru (bronzuri şi alame) şi aliaje uşoare (de Al, Mg).

Aliajele pe bază de cupru pot fi clasificate în: bronzuri cu staniu, bronzuri fără staniu şi alame.

Bronzurile cu staniu au tendinţa de a forma microretasuri (interval mare de solidificare) în special în secţiunile mai groase. La conţinuturi mari de plumb, în secţiunile groase apare tendinţa de licuaţie. Pentru obţinerea unor piese turnate etanşe din bronz cu staniu, constructorul trebuie să evite proiectarea de pereţi groşi. Adaosurile de prelucrare trebuie să fie minime. Grosimea flanşelor nu trebuie să depăşească dublul pereţilor piesei turnate.

Bronzurile fără staniu (de exemplu cu aluminiu) şi alamele au contracţie mare şi tendinţă de a forma retasuri concentrate, sufluri şi un strat de oxizi pe suprafaţa metalului fluid. La aceste piese, proiectantul trebuie să evite părţile ascuţite şi proeminente care provoacă, la turnare, împrăştierea metalului şi ruperea eventuală a peliculei de oxizi de pe suprafaţa metalului lichid şi amestecarea acestei pelicule cu metalul curat ce intră în formă. Bronzurile cu aluminiu, mangan sau siliciu şi alamele obişnuite se pot turna în bune condiţiuni în forme metalice.

Piesele turnate din aliaje uşoare au azi o mare răspîndire datorită excelentelor proprietăţi de turnare şi caracteristicilor mecanice interesante. Din grupa aceasta fac parte aliajele cu bază de aluminiu şi aliajele cu bază de magneziu.

La construirea pieselor turnate din aliaje uşoare, configuraţia trebuie astfel asigurată încît părţile groase să poată fi alimentate cu maselote.

Este bine să se reţină, la proiectarea pieselor turnate din aliaje uşoare, că metalul are proprietăţi de rezistenţă mai scăzute în secţiunile groase decît în cele subţiri (din cauza vitezei diferite de răcire). Drept urmare trebuie evitate îngroşările (nodurile termice importante), grosimea pereţilor menţinîndu-se pe cît posibil în limitele a 10 mm, aşa cum se arată în exemplele din fig. 7.28.

Folosirea pereţilor plani orizontali cu suprafeţe mari este deosebit de defavorabilă deoarece la turnare metalul se împarte în vine separate care se sudează cu greu în

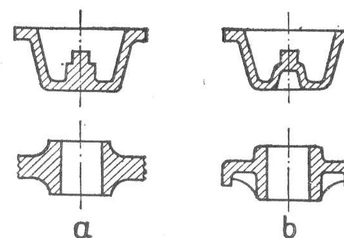


Fig. 7.28. Piese turnate din aliaje uşoare:

a — rezolvări greşite; *b* — rezolvări corecte

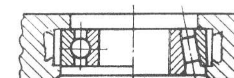


Fig. 7.29. Fixarea prin turnare a unui cuzinet pentru rulment într-o piesă din aliaj uşor

momentul cînd se unesc din cauza oxizilor formaţi la suprafaţa metalului lichid. Cînd astfel de cazuri nu se pot evita, se recomandă turnarea înclinată.

Deoarece modulul de elasticitate al aliajelor uşoare este redus, pentru a obţine totuşi rigiditatea necesară pieselor turnate, se folosesc secţiuni cu moment de inerţie mare cu secţiuni în dublu T, în C, în cheson etc. Nervurile de tip X trebuie evitate şi înlocuite cu cele de tip Z.

Piesele turnate din aliaje uşoare supuse la presiuni specifice mari şi la solicitări alternative se uzează repede. Pentru a evita această uzură prematură, în piesele turnate din aliaje uşoare se introduc bucşe speciale (din oţel, fontă sau bronz), în care se fixează carcasele rulmenţilor (fig. 7.29). Această tehnică, în prezent s-a perfecţionat şi s-a răspîndit ca un procedeu de turnare bimetalic (Al-Fin; cilindru din aluminiu cu aripioare de răcire avînd la interior încastrată o bucşă din fontă).

Piesele turnate din aliaje cu bază de magneziu au o slabă rezistenţă la coroziune, motiv pentru care trebuie protejate prin lăcuire.

Piesele turnate din aliaje cu bază de aluminiu, pentru a avea o rezistenţă sporită la uzură, se pot proteja prin cromare, ceea ce în unele cazuri permite să se elimine construcţia bimetalică (cu fontă) şi implicit să se uşureze greutatea cilindrului cu 50—60%.

7.2. PRECIZIA DIMENSIUNILOR PIESELOR TURNATE ŞI ADAOSURILE DE PRELUCRARE

Tehnica modernă a turnării pieselor destinate construcţiilor de maşini permite, în funcţie de aliajul care se toarnă, de dimensiunile piesei turnate şi de metoda de formare, obţinerea unor grade de precizie a dimensiunilor bine determinate, necesar să fie cunoscute de constructorul de maşini.

Tabelul 7.11

Abateri limită la dimensiunile pieselor turnate din fontă (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate, mm	Clasa de precizie	Dimensiunea nominală, mm												
		⩽30	31–60	61–100	101–200	201–300	301–500	501–800	801–1200	1201–1800	1801–2600	2601–3800	3801–5400	⩾5401
		Abateri limită, mm												
⩽ 200	I	±0,35	±0,40	±0,45	±0,50									
	II	±0,40	±0,50	±0,60	±0,75									
	III	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80									
	IV			+1,20	+1,30									
				−0,80	−0,90									
	V			+1,40	+1,80									
				−1,00	−1,20									
201–500	I	±0,40	±0,45	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80							
	II	±0,60	±0,70	±0,75	±0,80	±0,90	±1,00							
	III	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50							
	IV			+1,30	+1,60	+1,80	+2,10							
				−0,90	−1,00	−1,20	−1,40							
	V			+1,60	+1,90	+2,10	+2,40							
				−1,00	−1,30	−1,40	−1,60							
501–1200	I	±0,45	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80	±0,90	±1,00	±1,25					
	II	±0,70	±0,75	±0,80	±0,90	±1,00	±1,10	±1,25	±1,50					
	III	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,50					
	IV			+1,6	+1,80	+2,10	+2,40	+3,00	+3,60					
				−1,0	−1,20	−1,40	−1,60	−2,00	−2,40					
	V			+1,80	+2,10	+2,40	+3,00	+3,60	+4,20					
				−1,20	−1,40	−1,60	−2,00	−2,40	−2,80					
1201–2600	I	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00				
	II	±0,75	±0,80	±0,90	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,50	±3,00			
	III	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00			
	IV			+1,80	+2,10	+2,40	+3,00	+3,60	+4,20	+4,80	+5,40			
				−1,20	−1,40	−1,60	−2,00	−2,40	−2,80	−3,20	−3,60			
	V			+2,10	+2,40	+3,00	+3,60	+4,20	+4,80	+6,00	+7,20			
				−1,40	−1,60	−2,00	−2,40	−2,80	−3,20	−4,00	−4,80			
2601–5400	I													
	II	±0,80	±0,90	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00	±4,50	
	III	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00	±5,00	±7,00	±9,00	±11,0
	IV			+2,1	+2,40	+3,00	+3,60	+4,20	+4,80	+5,40	+7,20	+9,60	+12,0	
				−1,4	−1,60	−2,00	−2,40	−2,80	−3,20	−3,60	−4,80	−6,40	−8,0	
	V			+2,40	+3,00	+3,6	+4,20	+4,80	+5,40	+7,20	+8,40	+10,8	+12,0	
				−1,60	−2,00	−2,4	−2,80	−3,20	−3,60	−4,80	−5,60	−7,20	−8,00	
5400	IV			+2,40	+3,0	+3,60	+4,20	+4,80	+5,40	+6,00	+8,40	+10,8	+13,2	+15,0
				−1,60	−2,00	−2,4	−2,80	−3,20	−3,60	−4,80	−5,60	−7,20	−8,80	−10,0
	V			+3,00	+3,60	+4,20	+4,80	+5,40	+6,00	+8,40	+9,60	+12,0	+15,0	+21,0
				−2,00	−2,40	−2,80	−3,20	−3,60	−4,00	−5,60	−6,40	−8,00	−10,0	−14,0

Tabelul 7.12

Abateri limită la grosimea pereţilor şi nervurilor pieselor turnate din fontă (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate, mm	Clasa de precizie	Grosimea pereţilor şi nervurilor neprelucrate, mm: ⩽ 6,0	7–10	11–20	21–30	31–50	51–80	81–120
		Abateri limită, mm						
⩽ 200	I	±0,35	±0,40	±0,50	±0,60	±0,70		
	II	±0,40	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25
	III	±0,50	±0,60	±0,70	±0,75	±1,00	±1,25	±1,50
	IV	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75
	V	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00
201–500	I	±0,40	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80		
	II	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50
	III	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75
	IV	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00
	V	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,50
501–1200	I	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00		
	II	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75
	III	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00
	IV	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25
	V	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,50	±3,00
1201–2600	I	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25		
	II	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00
	III	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,50
	IV	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50
	V	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±3,00	±3,50
2601–5400	II	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,50
	III	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±3,00
	IV	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50	±3,00
	V	±1,50	±1,75	±2,00	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00
⩾ 5401	IV	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50	±3,00	±3,50
	V	±2,00	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00	±4,50	±5,00

7.2.1. PRECIZIA PIESELOR TURNATE DIN FONTĂ

Precizia pieselor turnate din fontă este reglementată în ţara noastră de STAS 1592-66. În tabelul 7.11 se dau abaterile limită la dimensiunile pieselor turnate din fontă.

Abaterile limită la grosimea pereţilor şi a nervurilor pieselor turnate din fontă în funcţie de gabaritul maxim al piesei turnate, de grosimea peretelui sau a nervurii neprelucrate şi de clasa de precizie în care se încadrează piesa în funcţie de metoda de turnare, se dau în tabelul 7.12.

Abaterile limită la masa pieselor turnate din fontă sînt date de tabelul 7.13 pentru mase de la 1 la peste 1 000 kg în funcţie de cele cinci clase de precizie.

Tabelul 7.13

Abateri limită la masa pieselor turnate din fontă

Masa nominală a piesei turnate, kg	Clasa de precizie: I	II	III	IV	V
	Abateri limită superioare la masă, %				
⩽ 1	5,0	5,0	6,5	8,0	10,0
2–10	4,0	5,0	6,0	8,0	9,0
11–50	3,5	4,0	5,0	7,0	9,0
51–100	3,5	4,0	4,5	7,0	8,0
101–500		3,5	4,0	6,0	7,0
501 –1 000			3,0	5,0	6,0
⩾1001			3,0	4,0	5,0

Pentru proiectantul de piese turnate ca şi pentru inginerul mecanic este important să se cunoască, pe lîngă precizia dimensională ce se poate asigura pieselor turnate şi mărimea adaosurilor de prelucrare minime obligatorii care pot asigura suprafeţe curate după prelucrarea prin aşchiere. În STAS 1592-66 se precizează aceste adaosuri pentru cele cinci clase de precizie în funcţie de dimensiunile de gabarit, de dimensiunea nominală şi de locul unde se află plasată în forma de turnare suprafaţa respectivă (tabelele 7.14; 7.15; 7.16; 7.17 şi 7.18).

7.2.2. PRECIZIA PIESELOR TURNATE DIN OŢEI

Abaterile limită la dimensiunile pieselor turnate din oţel sînt date de acelaşi STAS 1592-66, în funcţie de gabaritul piesei turnate şi de clasa de precizie. Abaterile limită date de clasa IV şi clasa V de precizie se referă la dimensiunile exterioare. În cazul dimensiunilor interioare, abaterile în plus devin abateri în minus iar abaterile în minus devin abateri în plus (tabelul 7.19).

Abaterile limită la grosimea pereţilor şi nervurilor, pentru piesele turnate din oţel, în funcţie de gabaritul şi de clasa de precizie, se dau în tabelul 7.20.

Pentru abaterile limită la masa pieselor turnate din oţel se pot folosi datele din tabelul 7.21 în care aceste abateri se dau pentru mase de la 1 kg la peste 1000 kg, în funcţie de cele cinci clase de precizie.

Adaosurile de prelucrare pentru piesele turnate din oţel sînt cuprinse în cinci tablouri corespunzătoare celor cinci clase de precizie şi sînt stabilite pornind de la gabaritul maxim al piesei turnate şi de la poziţia în forma de turnare a suprafeţei luată în considerare pentru prelucrarea prin aşchiere (tabelele: 7.22; 7.23; 7.24; 7.25 şi 7.26). Se observă că adaosurile de prelucrare a pieselor turnate din oţel sînt în toate cazurile mai mari decît adaosurile de prelucrare a pieselor din fontă cu 30–50%, ceea ce din punct de vedere al volumului de aşchiere are o mare importanţă economică.

7.2.3. PRECIZIA PIESELOR TURNATE DIN ALIAJE NEFEROASE

Se reglementează prin STAS 6287-67 şi cuprinde abaterile limită şi adaosurile maxime de prelucrare acordate pieselor turnate din aliaje neferoase grele şi uşoare.

Toate acestea sînt stabilite pe baza a trei clase de precizie:

— clasa I de precizie: piese turnate sub presiune;

— clasa II de precizie: piese turnate în forme metalice, static sau centrifug, în miezuri sau în forme executate mecanic cu modele metalice;

— clasa III de precizie: piese turnate în forme executate manual din amestec de formare.

Se observă că fiecare clasă de precizie şi grup de metale (grele sau uşoare) este împărţită la rîndul ei în două categorii de precizie A şi B, în funcţie de forma şi complexitatea pieselor turnate:

— categoria A: forme geometrice simple şi fără miezuri;

— categoria B: forme geometrice complicate şi cu miezuri.

În tabelul 7.27 se dau abaterile limită la dimensiunile pieselor turnate din metale şi aliaje neferoase.

Masa nominală a piesei turnate este masa stabilită prin cîntărirea piesei executate conform desenului cu adaosurile de prelucrare şi abaterile limită prescrise. Abaterile limită la masa pieselor turnate din metale şi aliaje neferoase uşoare şi grele, conform STAS 6287-67, se dau în tabelul 7.28.

Adaosurile de prelucrare pentru piesele turnate din metale şi aliaje neferoase, uşoare şi grele, în funcţie de gabaritul piesei, de poziţia suprafeţei de prelucrare în formă şi cele trei clase de precizie şi categorii A şi B, se dau în tabelele 7.29 şi 7.30 conform STAS 6287-67. Adaosurile de prelucrare la dimensiuni peste 1600 mm se stabilesc de comun acord între producător şi beneficiar.

Tabelul 7.14

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din fontă cuprinse în clasa I de precizie (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate mm	Poziţia suprafeţei piesei turnate în formă	Dimensiunea nominală, mm								
		⩽30	31 — 60	61 — 100	101 — 200	201 — 300	301 — 500	501 — 800	801 — 1200	⩾1201
		Adaosuri de prelucrare, mm								
100	Sus	2,5	3,0	3,0						
	Jos, lateral	2,0	2,0	2,5						
101—200	Sus	2,5	3,0	3,0	3,5					
	Jos, lateral	2,0	2,5	2,5	3,0					
201—300	Sus	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0				
	Jos, lateral	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5				
301—500	Sus	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5			
	Jos, lateral	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0			
501—800	Sus	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0		
	Jos, lateral	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5		
801—1200	Sus	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	6,0	
	Jos, lateral	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	
⩾ 1201	Sus	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,5	6,0
	Jos, lateral	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	5,5

Tabelul 7.15

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din fontă cuprinse în clasa II de precizie (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate, mm	Poziţia suprafeţei piesei turnate în formă	Dimensiunea nominală, mm										
		≤30	31–60	61–100	101–200	201–300	301–500	501–800	801–1200	1201–1800	1801–2600	≥2601
		Adaosuri de prelucrare, mm										
61–100	Sus	3,0	3,0	3,5								
	Jos, lateral	2,0	2,5	2,5								
101–200	Sus	3,0	3,0	3,5	3,5							
	Jos, lateral	2,5	2,5	3,0	3,0							
201–300	Sus	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0						
	Jos, lateral	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5						
301–500	Sus	3,5	3,5	4,0	4,0	5,0	5,0					
	Jos, lateral	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0					
501–800	Sus	3,5	4,0	4,0	4,5	5,0	5,0	5,5				
	Jos, lateral	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5				
801–1200	Sus	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,5	5,5	6,0			
	Jos, lateral	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0			
1201–1800	Sus	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	5,5	6,0	6,0	6,5		
	Jos, lateral	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,5		
1801–2600	Sus	4,5	4,5	5,0	5,0	5,5	6,0	6,5	6,5	7,0	7,0	
	Jos, lateral	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	5,5	5,5	6,0	6,0	
≥ 2601	Sus	4,5	5,0	5,0	5,5	5,5	6,0	6,5	7,0	7,0	8,0	8,0
	Jos, lateral	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	5,5	5,5	6,0	6,0	7,0	7,0

Tabelul 7.16

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din fontă cuprinse în clasa III de precizie (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate mm	Poziţia suprafeţei piesei turnate în formă	Dimensiunea nominală, mm								
		≤100	101–200	201–300	301–500	501–800	801–1200	1201–1800	1801–2600	≥2601
		Adaosuri de prelucrare, mm								
≤ 100	Sus	2,5								
	Jos, lateral	2,0								
101–200	Sus	3,0	3,5							
	Jos, lateral	2,5	3,0							
201–300	Sus	3,5	4,0	4,0						
	Jos, lateral	3,0	3,0	3,0						
301–500	Sus	4,0	4,5	4,5	5,0					
	Jos lateral	3,5	3,5	3,5	4,0					
501–800	Sus	4,5	5,0	5,0	5,5	6,0				
	Jos, lateral	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0				
801–1200	Sus	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5			
	Jos, lateral	4,5	4,5	4,5	5,0	5,5	5,5			
1201–1800	Sus	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5		
	Jos, lateral	5,0	5,0	5,0	5,5	6,0	6,0	6,5		
1801–2600	Sus	6,5	7,0	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	
	Jos, lateral	5,5	5,5	5,5	6,0	6,5	6,5	7,0	7,0	
≥ 2601	Sus	7,0	7,5	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5
	Jos, lateral	6,0	6,0	6,0	6,5	7,0	7,0	7,0	7,5	7,5

Tabelul 7.17

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din fontă cuprinse în clasa IV de precizie (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate mm	Poziţia suprafeţei piesei turnate în formă	Dimensiunea nominală, mm										
		⩽100	101–200	201–300	301–500	501–800	801–1200	1201–1800	1801–2600	2601–3800	3801–5400	⩾5401
		Adaosuri de prelucrare, mm										
⩽ 100	Sus	4,0										
	Jos, lateral	3,0										
101–200	Sus	4,5	5,0									
	Jos, lateral	3,5	4,0									
201–300	Sus	5,0	5,5	5,5								
	Jos, lateral	3,5	4,0	4,5								
301–500	Sus	5,5	6,0	6,0	6,5							
	Jos, lateral	4,0	4,5	4,5	5,0							
501–800	Sus	6,0	6,5	6,5	7,0	7,5						
	Jos, lateral	4,0	5,0	5,0	5,5	5,5						
801–1200	Sus	6,5	7,0	7,0	7,5	8,0	8,5					
	Jos, lateral	4,5	5,5	5,5	6,0	6,0	6,5					
1201–1800	Sus	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0				
	Jos, lateral	5,0	6,0	6,0	6,5	6,5	7,0	7,5				
1801–2600	Sus	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,0	11,0			
	Jos, lateral	5,5	6,5	6,5	7,0	7,0	7,5	8,0	8,5			
2601–3800	Sus	8,0	8,5	9,0	9,5	10	10,5	11,0	11,5	12,0		
	Jos, lateral	6,0	7,0	7,0	7,5	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5		
3801–5400	Sus	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11	11,5	12,0	13,0	14,0	
	Jos, lateral	6,5	7,5	7,5	8,0	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	
⩾ 5401	Sus	9,0	9,5	10	10,5	11	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	18,0
	Jos, lateral	7,0	8,0	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	12,0	14,0

Tabelul 7.18

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din fontă cuprinse în clasa V de precizie (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate mm	Poziţia suprafeţei piesei turnate în formă	Dimensiunea nominală, mm										
		⩽100	101–200	201–300	301–500	501–800	801–1200	1201–1800	1801–2600	2601–3800	3801–5400	⩾5401
		Adaosuri de prelucrare, mm										
⩽ 100	Sus	4,5										
	Jos, lateral	3,5										
101–200	Sus	5,0	5,5									
	Jos, lateral	4,0	4,5									
201–300	Sus	5,5	6,0	6,0								
	Jos, lateral	4,5	5,0	5,0								
301–500	Sus	6,0	6,5	7,0	7,0							
	Jos, lateral	4,5	5,0	5,5	6,0							
501–800	Sus	7,0	7,5	7,5	8,5	9,0						
	Jos, lateral	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0						
801–1200	Sus	7,5	8,0	8,0	9,0	9,5	10,0					
	Jos, lateral	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,5					
1201–1800	Sus	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0				
	Jos, lateral	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0				
1801–2600	Sus	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0			
	Jos, lateral	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0			
2601–3800	Sus	9,0	9,5	10,0	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0		
	Jos, lateral	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0		
3801–5400	Sus	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	
	Jos, lateral	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	12,0	13,0	
⩾ 5401	Sus	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	18,0	22,0
	Jos, lateral	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	12,0	13,0	15,0	18,0

Tabelul 7.19

Abateri limită la dimensiunile pieselor turnate din oțel (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate mm	Clasa de precizie	Dimensiunea nominală, mm													
		⩽30	31–60	61–100	101–200	201–300	301–500	501–800	801–1200	1201–1800	1801–2600	2601–3800	3801–5400	5401–6300	⩾6301
		Abateri limită, mm													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
⩽ 200	I	±0,15	±0,20	±0,25	±0,35										
	II	±0,40	±0,45	±0,50	±0,60										
	III	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80										
	IV			+1,20 −0,80	+1,50 −1,00										
	V			+1,20 −0,80	+1,50 −1,00										
201–500	I	±0,20	±0,25	±0,30	±0,60	±0,60	±0,70								
	II	±0,45	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00								
	III	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50								
	IV			+1,50 −1,00	+1,80 −1,20	+2,10 −1,40	+2,40 −1,60								
	V			+1,50 −1,00	+1,80 −1,20	+2,10 −1,40	+2,40 −1,60								
501–1200	I	±0,25	±0,30	±0,40	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25						
	II	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±2,00						
	III	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±2,00	±2,50	±3,00						
	IV			+1,80 −1,20	+2,10 −1,40	+2,40 −1,60	+3,00 −2,00	+3,60 −2,40	+3,20 −2,80						
	V			+2,10 −1,40	+2,40 −1,60	+3,00 −2,00	+3,60 −2,40	+4,20 −2,80	+4,80 −3,20						

Tabelul 7.19 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1201—2600	II	±0,60	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±2,00	±2,50	±3,00	±3,50				
	III	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±2,00	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00	±5,00				
	IV			+2,10 —1,40	+2,40 —1,60	+3,00 —2,00	+3,60 —2,40	+4,20 —2,80	+4,80 —3,20	+6,00 —4,00	+7,20 —4,80				
	V			+2,40 —1,60	+3,00 —2,00	+3,60 —2,40	+4,20 —2,80	+4,80 —3,20	+5,40 —3,60	+7,20 —4,80	+9,60 —6,40				
2601—5400	II	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±2,00	±2,50	±3,00	±3,50	±4,50	±5,50			
	III	±1,00	±1,25	±1,50	±2,00	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00	±5,00	±6,00	±7,00	±8,00		
	IV			+2,40 —1,60	+3,00 —2,00	+3,60 —2,40	+4,20 —2,80	+4,80 —3,20	+6,00 —4,00	+7,20 —4,80	+8,40 —5,60	+9,60 —6,40	+10,8 —7,20		
	V			+3,00 —2,00	+3,60 —2,40	+4,20 —2,80	+4,80 —3,20	+5,40 —3,60	+6,00 —4,00	+8,40 —5,60	+10,8 —7,20	+13,2 —8,80	+14,4 —9,60		
5401—6300	III	±1,25	±1,50	±2,00	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00	±5,00	±6,00	±7,00	±8,00	±9,00	±10,0	
	IV			+3,00 —2,00	+3,60 —2,40	+4,20 —2,80	+4,80 —3,20	+5,40 —3,60	+6,00 —4,00	+7,20 —4,80	+9,60 —6,40	+10,8 —7,20	+15,0 —10,0	+21,0 —14,0	
	V			+3,60 —2,40	+4,20 —2,80	+4,80 —3,20	+5,40 —3,60	+6,00 —4,00	+7,20 —4,80	+9,60 —6,40	+12,0 —8,00	+14,4 —9,60	+16,8 —11,2	+24,0 —16,0	
$\geqslant$ 6301	V			+4,20 —2,80	+4,80 —3,20	+5,40 —3,60	+6,00 —4,00	+7,20 —4,80	+9,60 —6,40	+12,0 —8,00	+14,4 —9,60	+16,8 —11,2	+21,0 —14,0	+30,0 —20,0	+42,0 —28,0

Tabelul 7.20

Abateri limită la grosimea pereților și nervurilor pentru piesele turnate din oțel (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate, mm	Clasa de precizie	Grosimea pereților și nervurilor neprelucrați, mm: ≤ 6	7–10	11–20	21–30	31–50	51–80	81–120
		Abateri limită, mm						
0	1	2	3	4	5	6	7	8
≤ 200	I	±0,30	±0,35	±0,40				
	II	±0,45	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80		
	III	±0,60	±0,70	±0,80	±0,90	±1,00	±1,25	±1,50
	IV	±0,75	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25
	V	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50
201–500	I	±0,35	±0,40	±0,45				
	II	±0,50	±0,60	±0,70	±0,80	±0,90		
	III	±0,70	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00
	IV	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50
	V	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50	±3,00
501–1200	I	±0,40	±0,45	±0,50				
	II	±0,60	±0,70	±0,80	±0,90	±1,00		
	III	±0,80	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25
	IV	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50	±2,75
	V	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50	±3,00	±3,50
1201–2600	II	±0,70	±0,80	±0,90	±1,00	±1,25		
	III	±1,00	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50
	IV	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50	±2,75	±3,00
	V	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00
2601–5400	II	±0,80	±0,90	±1,00	±1,25	±1,50		
	III	±1,25	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50	±2,75
	IV	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50	±2,75	±3,00	±3,50
	V	±2,00	±2,25	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00	±4,50
5401–6300	III	±1,50	±1,75	±2,00	±2,25	±2,50	±2,75	±3,00
	IV	±2,00	±2,25	±2,50	±2,75	±3,00	±3,50	±4,00
	V	±2,25	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00	±5,00	±6,00
≥ 6301	V	±2,50	±3,00	±3,50	±4,00	±5,00	±6,00	±8,00

Tabelul 7.21

Abateri limită la masa pieselor turnate din oțel

Masa nominală a piesei turnate, kg	Clasa de precizie: I	II	III	IV	V
	Abateri limită maxime la masă, %				
≤ 1	5,5	6,0	7,0	8,0	10,0
2–10	4,5	5,0	6,0	8,0	9,0
11–50	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0
51–100	4,0	4,5	5,0	7,0	9,0
101–500		4,0	5,0	6,0	8,0
501–1000			4,0	6,0	7,0
≥ 1001			4,0	5,0	6,0

Tabelul 7.22

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din oțel cuprinse în clasa I de precizie (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate, mm	Poziția suprafeței piesei turnate în formă	Dimensiunea nominală, mm: ≤30	31–60	61–100	101–200	201–300	301–500	501–800	801–1200
		Adaosuri de prelucrare, mm							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
≤ 100	Sus	1,0	1,2	1,4					
	Jos, lateral	0,8	0,9	1,0					
101–200	Sus	1,2	1,4	1,6	1,8				
	Jos, lateral	0,9	1,0	1,2	1,4				
201–300	Sus	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2			
	Jos, lateral	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8			
301–500	Sus	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0		
	Jos, lateral	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2		
501–800	Sus	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,5	4,0	
	Jos, lateral	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	
801–1200	Sus	2,0	2,2	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	Jos, lateral	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	3,0	3,5	4,0

Tabelul 7.23

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din oţel cuprinse în clasa II de precizie (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate, mm	Poziţia suprafeţei piesei turnate în formă	Dimensiunea nominală, mm / Adaosuri de prelucrare mm,										
		⩽30	31–60	61–100	101–200	201–300	301–500	501–800	801–1200	1201–1800	1801–2600	⩾2601
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
⩽100	Sus	2,5	2,5	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	Jos, lateral	2,0	2,0	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—
101–200	Sus	2,5	2,5	3,0	3,0	—	—	—	—	—	—	—
	Jos, lateral	2,0	2,0	2,5	2,5	—	—	—	—	—	—	—
201–300	Sus	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	—	—	—	—	—	—
	Jos, lateral	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	—	—	—	—	—	—
301–500	Sus	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	—	—	—	—	—
	Jos, lateral	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	—	—	—	—	—
501–800	Sus	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	5,0	—	—	—	—
	Jos, lateral	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0	—	—	—	—
801–1200	Sus	3,0	3,0	3,5	4,0	5,0	5,0	5,5	5,5	—	—	—
	Jos, lateral	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	—	—	—
1201–1800	Sus	3,0	3,5	3,5	4,0	5,0	5,0	5,5	5,5	6,0	—	—
	Jos, lateral	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	—	—
1801–2600	Sus	3,0	3,5	4,0	4,0	5,0	5,0	5,5	5,5	6,0	7,0	—
	Jos, lateral	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	6,0	—
⩾2601	Sus	3,5	3,5	4,0	5,0	5,5	5,5	6,0	6,0	7,0	7,0	8,5
	Jos, lateral	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	6,0	6,0	7,0

Tabelul 7.24

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din oţel cuprinse în clasa III de precizie (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate, mm	Poziţia suprafeţei piesei turnate, în formă	Dimensiunea nominală, mm / Adaosuri de prelucrare, mm										
		⩽100	101–200	201–300	301–500	501–800	801–1200	1201–1800	1801–2600	2601–3800	3801–5400	⩾5401
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
⩽ 100	Sus	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Jos, lateral	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
101–200	Sus	4,5	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Jos, lateral	3,5	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
201–300	Sus	4,5	5,5	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	Jos, lateral	3,5	4,0	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—
301–500	Sus	5,0	5,5	5,5	6,5	—	—	—	—	—	—	—
	Jos, lateral	4,0	4,0	4,0	4,5	—	—	—	—	—	—	—
501–800	Sus	5,0	6,0	6,0	7,0	7,0	—	—	—	—	—	—
	Jos, lateral	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0	—	—	—	—	—	—
801–1200	Sus	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	9,0	—	—	—	—	—
	Jos, lateral	5,0	5,0	5,5	5,5	6,0	6,0	—	—	—	—	—
1201–1800	Sus	8,0	8,0	8,0	9,0	9,0	10,0	10,0	—	—	—	—
	Jos, lateral	5,0	5,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	—	—	—	—
1801–2600	Sus	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0	11,0	11,0	12,0	—	—	—
	Jos, lateral	6,0	6,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	—	—	—
2601–3800	Sus	10,0	10,0	10,0	11,0	11,0	12,0	12,0	13,0	13,0	—	—
	Jos, lateral	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0	9,0	—	—
3801–5400	Sus	11,0	11,0	11,0	12,0	12,0	13,0	13,0	14,0	14,0	16,0	—
	Jos, lateral	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	9,0	10,0	10,0	12,0	—
⩾5401	Sus	12,0	12,0	12,0	13,0	13,0	14,0	14,0	15,0	16,0	18,0	19,0
	Jos, lateral	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	11,0	11,0	13,0	14,0

Tabelul 7.25

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din oţel cuprinse în cl. IV de precizie (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate mm	Poziţia suprafeţei piesei turnate în formă	Dimensiunea nominală, mm										
		⩽100	101—200	201—300	301—500	501—800	801—1200	1201—1800	1801—2600	2601—3800	3801—5400	⩾5401
		Adaosuri de prelucrare, mm										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
⩽100	Sus	5,0										
	Jos, lateral	4,0										
101—200	Sus	5,0	5,5									
	Jos, lateral	4,0	4,0									
201—300	Sus	5,0	5,5	6,0								
	Jos, lateral	4,0	4,5	5,0								
301—500	Sus	6,0	6,0	7,0	7,0							
	Jos, lateral	4,5	5,0	6,0	6,0							
501—800	Sus	7,0	7,0	8,0	9,0	10,0						
	Jos, lateral	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0						
801—1200	Sus	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0					
	Jos, lateral	6,0	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0					
1201—1800	Sus	9,0	9,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0				
	Jos, lateral	6,5	7,0	7,0	8,0	8,0	9,0	9,0				
1801—2600	Sus	9,0	10,0	10,0	11,0	12,0	13,0	13,0	14,0			
	Jos, lateral	7,0	7,0	8,0	8,0	9,0	9,0	10,0	10,0			
2601—3800	Sus	10,0	10,0	11,0	12,0	13,0	13,0	14,0	15,0	15,0		
	Jos, lateral	7,0	8,0	8,0	9,0	9,0	10,0	10,0	11,0	12,0		
3801—5400	Sus	11,0	11,0	12,0	13,0	13,0	14,0	14,0	15,0	15,0	16,0	
	Jos, lateral	8,0	9,0	9,0	10,0	10,0	11,0	11,0	12,0	12,0	13,0	
⩾5401	Sus	12,0	12,0	13,0	13,0	14,0	14,0	15,0	15,0	16,0	16,0	20,0
	Jos, lateral	9,0	10,0	10,0	10,0	11,0	11,0	12,0	12,0	13,0	15,0	18,0

Tabelul 7.26

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din oţel cuprinse în clasa V de precizie (STAS 1592-66)

Gabaritul maxim al piesei turnate mm	Poziţia suprafeţei piesei turnate în formă	Dimensiunea nominală, mm											
		⩽100	101—200	201—300	301—500	501—800	801—1200	1201—1800	1801—2600	2601—3800	3801—5400	5401—6300	⩾6301
		Adaosuri de prelucrare, mm											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
⩽100	Sus	5,0											
	Jos, lateral	4,0											
101—200	Sus	5,0	6,0										
	Jos, lateral	4,0	5,0										
201—300	Sus	5,0	6,0	7,0									
	Jos, lateral	4,0	5,0	5,0									
301—500	Sus	6,0	7,0	8,0	9,0								
	Jos, lateral	5,0	5,0	6,0	6,0								
501—800	Sus	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0							
	Jos, lateral	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0							

Tabelul 7.26 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
801–1200	Sus	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0						
	Jos, lateral	6,0	7,0	7,0	8,0	8,0	9,0						
1201–1800	Sus	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0					
	Jos, lateral	7,0	8,0	8,0	9,0	10,0	11,0	11,0					
1801–2600	Sus	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0				
	Jos, lateral	8,0	9,0	9,0	10,0	11,0	12,0	12,0	12,0				
2601–3800	Sus	12,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	18,0			
	Jos, lateral	9,0	10,0	10,0	11,0	12,0	13,0	13,0	14,0	15,0			
3801–5400	Sus	13,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	20,0	20,0	22,0		
	Jos, lateral	10,0	11,0	11,0	12,0	13,0	14,0	14,0	15,0	16,0	18,0		
5401–6300	Sus	15,0	15,0	15,0	16,0	17,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	
	Jos, lateral	12,0	13,0	13,0	14,0	15,0	16,0	16,0	17,0	18,0	19,0	22,0	
⩾ 6301	Sus	18,0	18,0	18,0	19,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0	36,0
	Jos, lateral	14,0	15,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	26,0	30,0

Tabelul 7.27

Abaterile limită la dimensiunile pieselor turnate din metale şi aliaje neferoase uşoare şi grele, mm (STAS 6287-67)

Gabaritul maxim al piesei turnate, mm	Clasa I de precizie				Clasa II de precizie				Clasa III de precizie			
	Metale şi aliaje				Metale şi aliaje				Metale şi aliaje			
	Uşoare		Grele		Uşoare		Grele		Uşoare		Grele	
	A ±	B ±	A ±	B ±	A ±	B ±	A ±	B ±	A ±	B ±	A ±	B ±
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
⩽ 10	0,10	0,20	0,15	0,25	0,30	0,50	0,40	0,60	—	—	—	—
11–25	0,15	0,25	0,20	0,30	0,40	0,70	0,50	0,80	0,60	1,00	0,60	1,00
26–50	0,20	0,30	0,25	0,40	0,50	1,00	0,70	1,10	0,80	1,20	0,90	1,50
51–80	0,25	0,40	0,40	0,60	0,60	1,20	0,90	1,30	1,00	1,60	1,10	2,00
81–125	0,30	0,50	0,50	0,70	0,80	1,40	1,00	1,60	1,20	2,00	1,30	2,40
126–180	0,40	0,60	0,60	0,80	1,00	1,60	1,20	2,10	1,50	2,40	1,80	2,80
181–250	0,50	0,70	0,70	0,90	1,20	2,00	1,60	2,50	1,80	2,80	2,20	3,20
251–315	0,60	0,80	0,80	1,00	1,60	2,50	2,00	3,00	2,20	3,20	2,50	3,60
316–400	0,70	0,90	0,90	1,10	2,00	3,00	2,50	3,50	2,60	3,60	3,00	4,00
401–500	0,80	1,00	1,00	1,20	2,40	3,50	2,80	3,80	3,00	4,00	3,50	4,50
501–630	1,00	1,20	1,10	1,40	2,80	4,00	3,20	4,50	3,50	4,50	4,00	5,00
631–800	1,20	1,40	1,30	1,70	3,20	4,50	3,60	5,00	4,00	5,00	4,50	6,00
801–1000	1,40	1,70	1,50	2,00	3,60	5,00	4,00	6,00	4,50	6,00	5,00	7,00
1001–1250	—	—	—	—	4,00	6,00	4,50	7,00	5,00	7,00	5,50	8,00
1251–1600	—	—	—	—	4,50	7,00	5,00	8,00	6,00	8,00	6,50	9,00

Abaterile limită la dimensiuni peste 1 600 mm se vor stabili de comun acord între producător şi beneficiar

Tabelul 7.28

Abateri limită la masa pieselor turnate din metale şi aliaje neferoase uşoare şi grele

Neferoase uşoare				Neferoase grele			
Masa nominală a piesei turnate kg	Clasa de precizie			Masa nominală a piesei turnate, kg	Clasa de precizie		
	I	II	III		I	II	III
	Abateri limită la masă, %				Abateri limită la masă, %		
⩽ 1	2	4	8	⩽ 1	4	6	9
2–10	1,5	3	6	2–5	3	5	8
11–50	1	2	4	6–10	3	4	7
51–100	—	1,5	3	11–25	2	3	6
101–500	—	1	2,5	26–50	2	3	5
⩾ 501	—	—	2	⩾ 51	1	2	4

Tabelul 7.29

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din metale şi aliaje neferoase uşoare, în mm (STAS 6287-67)

Gabaritul maxim al piesei, mm	Poziţia suprafeţei de prelucrat în formă	Clasa I de precizie		Clasa II de precizie		Clasa III de precizie	
		Categoria		Categoria		Categoria	
		A	B	A	B	A	B
⩽ 10	Sus	0,4	0,6	0,8	1,2	—	—
	Jos, lateral	0,4	0,6	0,6	1,0	—	—
11–25	Sus	0,5	0,7	0,9	1,4	—	—
	Jos, lateral	0,5	0,7	0,7	1,2	—	—
26–50	Sus	0,6	0,8	1,0	1,6	1,8	2,2
	Jos, lateral	0,6	0,8	0,8	1,4	1,2	1,6
51–80	Sus	0,7	1,1	1,2	1,8	2,2	2,5
	Jos, lateral	0,7	1,1	1,0	1,6	1,7	2,0
81–125	Sus	0,8	1,4	1,6	2,2	2,6	3,0
	Jos, lateral	0,8	1,4	1,4	1,8	2,2	2,5
126–180	Sus	0,9	1,7	2,0	2,6	3,0	3,5
	Jos, lateral	0,9	1,7	1,8	2,0	2,5	3,0

Tabelul 7.29 (continuare)

Gabaritul maxim al piesei, mm	Poziţia suprafeţei de prelucrat în formă	Clasa I de precizie		Clasa II de precizie		Clasa III de precizie	
		Categoria		Categoria		Categoria	
		A	B	A	B	A	B
181–250	Sus	1,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
	Jos, lateral	1,0	2,0	2,2	2,5	3,0	3,5
251–315	Sus			3,0	3,5	4,0	4,5
	Jos, lateral			2,5	3,0	3,5	4,0
316–400	Sus			3,5	4,0	4,5	5,0
	Jos, lateral			3,0	3,5	4,0	4,5
401–500	Sus			3,5	4,0	5,0	6,0
	Jos, lateral			3,0	3,5	4,0	5,0
501–630	Sus	1,5	3,0	4,0	4,5	5,5	6,5
	Jos, lateral	1,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,5
631–800	Sus			4,5	5,0	6,0	7,0
	Jos, lateral			4,0	4,5	5,0	6,0
801–1000	Sus			4,5	5,0	7,0	8,0
	Jos, lateral			4,0	4,5	5,5	7,0
1001–1250	Sus	—	—	5,5	6,5	8,0	9,0
	Jos, lateral	—	—	5,0	5,5	6,5	8,0
1251–1600	Sus	—	—	6,0	7,0	9,0	10,5
	Jos, lateral	—	—	5,5	6,5	7,5	9,5

Tabelul 7.30

Adaosuri de prelucrare pentru piese turnate din metale şi aliaje neferoase grele, în mm (STAS 6287-67)

Gabaritul maxim al piesei, mm	Poziţia suprafeţei de prelucrat, în formă	Clasa I de precizie		Clasa II de precizie		Clasa III de precizie	
		Categoria		Categoria		Categoria	
		A	B	A	B	A	B
⩽ 10	Sus	0,4	0,6	1,1	1,2	—	—
	Jos, lateral	0,4	0,6	1,1	1,2	—	—
11–25	Sus	0,5	0,7	1,2	1,5	2,0	3,0
	Jos, lateral	0,5	0,7	1,2	1,5	1,5	2,0
26–51	Sus	0,6	0,8	1,4	1,6	2,5	3,5
	Jos, lateral	0,6	0,8	1,4	1,6	1,8	2,5
51–80	Sus	0,7	1,1	1,6	1,8	3,0	4,0
	Jos, lateral	0,7	1,1	1,6	1,8	2,2	3,0
81–125	Sus	0,8	1,4	1,8	2,0	3,5	4,5
	Jos, lateral	0,8	1,4	1,8	2,0	2,6	3,5
126–180	Sus	0,9	1,7	2,0	2,5	3,5	5,0
	Jos, lateral	0,9	1,7	2,0	2,5	3,0	4,0
181–250	Sus	1,0	2,0	2,2	3,0	3,8	5,5
	Jos, lateral	1,0	2,0	2,2	3,0	3,2	4,5

Tabelul 7.30 (continuare)

Gabaritul maxim al piesei, mm	Poziția suprafeței de prelucrat în formă	Clasa I de precizie, Categoria A	Clasa I de precizie, Categoria B	Clasa II de precizie, Categoria A	Clasa II de precizie, Categoria B	Clasa III de precizie, Categoria A	Clasa III de precizie, Categoria B
251–315	Sus			2,5	3,5	4,0	6,0
	Jos, lateral			2,5	3,5	3,5	5,0
316–400	Sus			3,0	4,0	4,5	6,5
	Jos, lateral			3,0	4,0	4,0	5,5
401–500	Sus			3,5	4,0	4,5	7,0
	Jos, lateral			3,5	4,0	4,0	5,5
501–630	Sus	1,5	3,0	4,0	4,5	5,0	7,5
	Jos, lateral	1,5	3,0	4,0	4,5	4,5	6,0
631–800	Sus			4,5	5,0	6,0	8,0
	Jos, lateral			4,5	5,0	5,0	6,5
801–1000	Sus			5,0	5,5	6,5	9,0
	Jos, lateral			5,0	5,5	5,5	7,0
1001–1250	Sus	—	—	5,5	6,0	8,0	10,0
	Jos, lateral	—	—	5,5	6,0	7,0	8,0
1251–1600	Sus	—	—	6,0	7,0	9,0	10,0
	Jos, lateral	—	—	6,0	7,0	8,0	9,0

Tabelul 7.31

Abaterile limită la dimensiuni și adaosuri de prelucrare la piesele din fontă, turnate în cochile

Dimensiunea măsură a piesei mm	Abateri limită la dimensiuni mm		Adaosuri de prelucrare, mm		
	Suprafețe de lucru prelucrate ±	Suprafețe brute de lucru ±	Interioare sau exterioare laterale	Interioare laterale	Superioare
⩽25	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0
26–40	0,4	0,6	1,0	1,2	1,5
41–60	0,5	0,8	1,2	1,4	1,7
61–100	0,5	1,0	1,4	1,6	2,0
101–160	0,6	1,0	1,6	1,8	2,2
161–250	0,8	1,2	2,0	2,2	2,5
251–400	1,0	1,2	2,2	2,4	2,7
401–600	1,2	1,4	2,6	2,8	3,0
601–1000	1,2	1,5	3,0	3,2	3,5
1001–1600	1,2	1,5	3,2	3,4	4,0

Tabelul 7.32

Abateri admisibile la dimensiuni netolerate, la piesele turnate sub presiune din aliaje cu bază de zinc, de aluminiu și de magneziu

Felul dimensiunii	Abaterile admisibile de la dimensiuni, mm					
	<10	11–30	31–80	81–180	181–315	316–500
Dimensiuni exterioare	+0,2	+0,4	+0,6	+0,8	+1,0	+1,5
Dimensiuni interioare	−0,2	−0,4	−0,6	−0,8	−1,0	−1,5
Raze de racordare interioare	−0,3	−0,6	−1,0	−1,2	−1,5	−2,0
Raze de racordare exterioare	+0,3	+0,6	+1,0	+1,2	+1,5	+2,0
Distanțe între găuri și îngroșări	±0,1	±0,2	±0,3	±0,4	±0,6	±0,8

Tabelul 7.33

Dimensiunile orificiilor pieselor turnate sub presiune

Felul aliajului	Diametrul minim al orificiului, mm		Adîncimea maximă a orificiului, l		Filete exterioare		Filete interioare	
	Folosit practic	Posibil de obţinut	Orificii oarbe	Orificii de trecere	Diametrul minim mm	Pasul minim mm	Diametrul minim mm	Pasul minim mm
Aliaje cu bază de plumb	1	0,75	$4d$	cînd $d>1,5$; $l<10d$	5	0,8	10	1
Aliaje cu bază de staniu	1	0,50		cînd $d<1,5$; $l<7d$				
Aliaje cu bază de zinc	1,5	1,0	$4d$	cînd $d>5$; $l<8d$ cînd $d<5$; $l<6d$	8	1	10	1
Aliaje cu bază de aluminiu	2,5	1,5	cînd $d>5$; $l<4d$ cînd $d<5$; $l<3d$	cînd $d>5$; $l<7d$ cînd $d<5$; $l<5d$	10	1,25	25	2
Aliaje cu bază de magneziu	2	1,5			10	1,25	25	2
Aliaje cu bază de cupru	5	2,5	cînd $d>5$; $l<3d$ cînd $d<5$; $l<2d$	cînd $d>5$; $l<6d$ cînd $d<5$; $l<4d$	12	1,5	—	—

7.2.4. PRECIZIA PIESELOR TURNATE ÎN FORME METALICE (COCHILE)

Pentru metalele neferoase turnate în forme metalice precizia dimensională şi adaosurile de prelucrare au fost indicate în tabelele 7.27 pînă la 7.30 şi corespunde clasei II de precizie.

În cazul turnării pieselor din fontă, abaterile admisibile şi adaosurile de prelucrare au valori mai mari.

Cu toate acestea, datorită bunei fluidităţi a fontei lichide, în forma metalică (corespunzător încălzită şi vopsită) se pot turna piese cu grosime de perete comparabilă cu aceea de la turnarea în forme din amestec de formare. În schimb, la turnarea pieselor din oţel, datorită proprietăţilor de turnare inferioare ale acestuia, grosimile minime ce se pot obţine la turnarea în forme metalice nu pot coborî sub 10—12 mm.

Pentru practica industrială, la turnarea pieselor din fontă în forme metalice, abaterile limită la dimensiuni şi adaosurile de prelucrare în funcţie de dimensiunea măsurată a piesei şi locul (suprafaţa) considerat, pot avea valorile indicate în tabelul 7.31.

Experienţa a demonstrat că rezultate optime la turnarea pieselor din fontă şi mai ales din oţel în forme metalice se obţin cînd configuraţia piesei este simplă şi pe cît posibil plasată într-o singură semiformă, în asociaţie cu miezuri din amestec de formare.

7.2.5. PRECIZIA PIESELOR TURNATE SUB PRESIUNE

În tabelele de la 7.27 la 7.30 s-au dat abaterile limită la dimensiuni şi adaosurile de prelucrare ale pieselor turnate din aliaje neferoase uşoare şi grele pentru turnarea sub presiune (clasa I de precizie).

Faţă de datele deja prezentate ar trebui să mai adăugăm abaterile admisibile de la dimensiuni netolerate la piesele turnate sub presiunea din aliaje cu bază de zinc, aluminiu şi magneziu care în genere sînt ceva mai largi, aşa cum rezultă din tabelul 7.32. Faţă de datele din acest tabel, la suprafeţele ce urmează a fi prelucrate mecanic se adaugă adaosuri de 0,3 pînă la 0,5 mm.

De asemenea este important să se cunoască dimensiunile minime ale orificiilor ce pot fi obţinute la turnarea sub presiune. În tabelul 7.33 se dau valorile acestor dimensiuni, împreună cu cotele principale ale filetelor exterioare şi interioare ale diferitelor aliaje turnate sub presiune.

BIBLIOGRAFIE

1. CERNOV, I.I şi KIZILOV, A.I. *Spravocinic po liteinoi osnastke.* Moscova, Maşinostroenie, 1961.
2. *Poradnik inzinera mechanika.* (Wydawnictwa naukowo-Techniczne), Warszawa, W.T.N., 1969.
3. *Poradnik odlewniktwo.* Warszawa, W.T.N., 1959.
4. SKARBINSKI, M. *Construcţia pieselor turnate.* Bucureşti, Editura tehnică, 1965.
5. Colectiv sub îngrijirea lui Rubţov. *Spravocinic liteişcica.* Moscova, Maşghiz, 1962.
6. *Spravocinic maşinostroitelia,* tom 5. Moscova, Maşghiz, 1956.
7. ŞTEFĂNESCU, CL. *Îndreptar pentru turnători.* Bucureşti, Editura tehnică, 1960.

8. PRELUCRAREA MATERIALELOR METALICE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

8.1. DEFINIȚII ȘI CLASIFICARE

Prelucrarea prin deformare plastică este metoda de prelucrare la care, în scopul obținerii unor semifabricate sau piese finite, se realizează deformarea permanentă a materialelor în stare solidă (la cald sau la rece) fără fisurare macroscopică, în anumite condiții de solicitare, depășind limita de curgere a materialului.

Clasificarea principalelor procedee de deformare plastică pentru confecționarea pieselor utilizate în industria construcțiilor de mașini se prezintă în tabelul 8.1.

Alte criterii de clasificare sînt:

a. După temperatura la care are loc procesul:

— la rece	$\theta < 0{,}3\ \theta_t$
— incomplet la rece	$\theta < 0{,}3 \dots 0{,}5\ \theta_t$
— incomplet la cald	$\theta = 0{,}5 \dots 0{,}7\ \theta_t$
— la cald	$\theta = 0{,}85 \dots 0{,}90\ \theta_t$

b. După viteza sculelor de lucru:

— viteză mică	$v < 7$ m/s
— viteză mare	$v > 7$ m/s

8.2. CONSIDERAȚII ASUPRA DEFORMĂRII PLASTICE A MATERIALELOR METALICE

8.2.1. MECANISMUL DEFORMĂRII PLASTICE

Cînd materialul (fig. 8.1, *a*) este deformat elastic ($\varepsilon_e < 0{,}02\%\ \varepsilon$) se produce o deplasare mică în planul de lunecare (fig. 8.1. *b*), care este anulată o dată cu încetarea solicitării. Deformarea plastică ($\varepsilon_p > 0{,}02\%\varepsilon$) se produce prin lunecarea unei părți din cristal în raport cu alta cu cîte o distanță interatomică (fig. 8.1, *c*). La încetarea solicitării, deformarea elastică este eliminată, dar deplasarea corespunzătoare deformării plastice se păstrează (fig. 8.1, *d*).

În afara mecanismului lunecării, în timpul deformării plastice se produce și fenomenul maclării. Prin maclare o parte din cristal se reorientează în raport cu restul

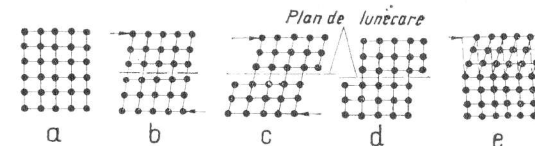


Fig. 8.1. Reprezentarea schematică a deformării elastice și plastice:

a — rețea inițială; *b* — deformare elastică prin forfecare; *c* — deformare elastică mărită și deformare plastică; *d* — deformare permanentă după înlăturarea sarcinii; *e* — formarea unei macle

de-a lungul unui anumit plan numit plan de maclare. Rețeaua prezintă simetria corespunzătoare unei imagini în oglindă (fig. 8.1, *e*). Maclarea apare mai ales în cazul vitezelor mari de deformare.

8.2.1.1. DEFORMAREA PLASTICĂ A MONOCRISTALELOR. Se produce prin lunecare de-a lungul unor plane cu densitate maximă de atomi. Efortul unitar tangențial maxim teoretic necesar lunecării este mult mai mare decît cel determinat experimental:

$$\tau_{max\ t} = \frac{G}{2\pi} = (10^3 \dots 10^4)\ \tau_{max\ e} \quad [\text{daN/mm}^2], \tag{8.1}$$

unde G este modulul de elasticitate transversal.

Diferența se datorește prezenței imperfecțiunilor în cristale. Acestea sînt punctiforme (locuri vacante, atomi de substituție, atomi interstițiali), liniare sau dislocații (constituite dintr-un șir de imperfecțiuni punctiforme); defecte repartizate pe o suprafață.

Fiecare imperfecțiune provoacă o deformare a rețelei cristaline în vecinătatea ei.

Cristalul supus la o solicitare de forfecare progresivă (fig. 8.2) este la început deformat elastic pînă cînd dintr-o regiune mică locală începe lunecarea unei părți din cristal în raport cu cealaltă parte. La început mărimea translației de lunecare este egală cu o distanță atomică și uniformă pe întreaga porțiune a suprafeței din planul de

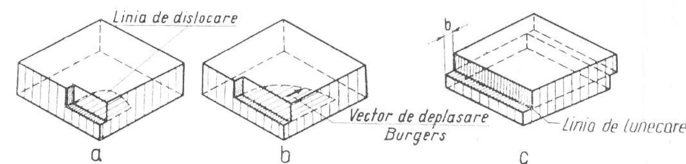


Fig. 8.2. Deformarea plastică a monocristalului

lunecare. Dislocarea se deplasează progresiv cu o anumită viteză în salturi, de cîte o distanță atomică ($b = 2{,}5 \dots 3 \cdot 10^{-8}$ cm) spre limitele planului de lunecare. Pentru o deformare plastică importantă este necesar să se deplaseze un număr mare de dislocații.

Tabelul 8.1

Clasificarea procedeelor de deformare prin forjare liberă şi în matriţă

Nr. crt.	Caracterul deformării	Denumirea procedeului	Variante ale procedeului	Schiţa pentru procedeu	Scula				Maşini de prelucrare
					Denumire	Construcţie	Formă	Poziţie	
1.	Liberă	Forjare liberă	Forjare liberă manuală		Ciocan Nicovală	Deschisă	Liberă	Liberă	Ciocane şi prese universale
			Forjare liberă mecanică		Nicovale plate				
2.	Semideterminată	Forjarea de profilare	Forjare cu nicovale profilate		Nicovale profilate		Determinată		
			Forjare radială		Ciocane profilate		Liberă		Maşini de forjat radial
3.	Determinată	Matriţarea	Forjarea roţilor dinţate		Cilindrii dinţaţi		Determinată	Determinată	Maşini speciale de rulare
			Forjarea prin laminare		Matriţă segment de cilindru Cilindri profilaţi	Închisă cu secţiune determinată			Laminoare speciale
			Matriţare la maşini universale		Bloc de matriţă	Închisă cu volum determinat			Ciocane şi prese universale
			Matriţarea pe maşini orizontale de forjat		Bloc port-poanson Poanson de refulare				Maşini orizontale de forjat
			Matriţarea prin extrudare		Matriţă	Închisă cu secţiune determinată			Prese universale adaptate
			Matriţarea cu viteze mari de deformare $v>7$ m/s	Aruncător	Bloc de matriţă	Închisă cu secţiune sau volum determinat			Ciocane cu viteze mari de deformare

La început lunecarea a două părți vecine de cristal are loc într-un singur plan. Pe măsură ce deformarea avansează iau naștere noi plane de lunecare, corespunzătoare noilor dislocații apărute, formîndu-se adevărate benzi de lunecare din ce în ce mai late. Intersecția acestor benzi cu suprafața exterioară a epruvetei monocristaline devin vizibile sub forma unor linii de lunecare. Direcția planelor de lunecare într-un monocristal coincide cu direcția celui mai scurt vector care unește atomii rețelei cristaline respective. Vectorul se numește Burgers și are valoarea înclinării apropiată de 45°.

8.2.1.2. DEFORMAREA PLASTICĂ A POLICRISTALELOR. Se produce mai greu și rezistența la deformare este cu atît mai mare cu cît grăunții sînt mai mici. La lunecarea în cristale o dislocație poate părăsi foarte greu cristalul la atingerea suprafeței lui din cauza cristalelor care-l înconjoară și care caută separat să producă o discontinuitate în masa policristalină (fig. 8.3).

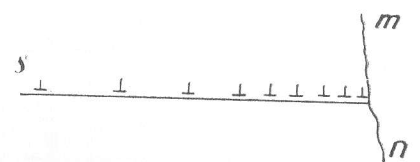


Fig. 8.3. Dislocații acumulate la limita dintre grăunți:
S — sursă de dislocații; *mn* — limita dintre grăunți

Dislocațiile acumulate în același plan de lunecare (fig. 8.3), în vecinătatea limitei dintre grăunți, creează o stare de tensiune care provoacă lunecări într-un al doilea cristal. La capătul grupului de dislocații apare o tensiune $\tau = n\tau_s$, unde: n este numărul de dislocații concentrate la limita dintre grăunți; τ_s — tensiunea tangențială efectivă care acționează asupra sursei.

Deformarea nu se produce prin trecerea dislocațiilor de la un grăunte la altul ci prin excitarea surselor de dislocații din grăunții cu orientare mai puțin favorabilă sub influența tensiunii $n\tau_s$.

Deformarea grăunților, deplasarea și rotirea lor provoacă deformarea substanței intercristaline. Aceasta are un caracter mai pronunțat de substanță cristalină (la temperaturi mici) cînd există pericolul apariției microfisurilor intercristaline, sau de substanță amorfă (la temperaturi mari) cînd eliminarea dislocațiilor este mult ușurată și posibilitatea de deformare plastică se mărește.

Ecruisarea. La un material metalic deformat plastic crește limita de elasticitate, limita de proporționalitate, rezistența mecanică la rupere și duritatea metalului și scad plasticitatea, rezistența la coroziune și conductibilitatea termică și electrică.

Această stare cu proprietăți modificate în urma deformării plastice se numește *ecruisare*. Ecruisarea se datorește imperfecțiunilor din cristal. În timpul deformării plastice se elimină o parte din dislocații apărînd în același timp altele noi. Apariția noilor dislocații face mai dificilă lunecarea într-un plan determinat întrucît acestea se opresc întîlnind diferite obstacole (o parte din dislocații, impurități etc.). Tensiunile datorate dislocațiilor acumulate și oprite în zona de lunecare perturbă planele vecine pe o distanță destul de mare împiedicînd lunecarea. În final toată masa metalului are o rezistență sporită la deformare prezentînd fenomenul de ecruisare. Coeficientul de ecruisare este:

$$\zeta = \frac{d\theta}{d\gamma}, \qquad (8.2)$$

unde θ este temperatura la care are loc deformarea și γ lunecarea la forfecare.

8.2.2. PLASTICITATEA ȘI REZISTENȚA LA DEFORMARE A MATERIALELOR METALICE

Prin plasticitate se înțelege capacitatea metalelor și aliajelor de a-și schimba forma și dimensiunile inițiale datorită unor forțe exterioare, fără distrugerea integrității.

Factorii de care depinde plasticitatea sînt: natura materialului (compoziția chimică și structura metalului sau aliajului); condițiile de deformare (temperatura, viteza de deformare și caracterul stării de tensiune).

O plasticitate optimă se determină prin reglarea compoziției chimice (eliminarea sau limitarea elementelor care dăunează plasticității) și prin crearea unor condiții optime de deformare (alegerea corespunzătoare a vitezei, a temperaturii și a schemei stării de tensiune la deformare).

Plasticitatea metalelor se determină cu ajutorul următoarelor metode: metoda ruperii la întindere; metoda ruperii prin șoc (reziliența); metoda torsionării; metoda laminării penei; metoda refulării; metoda întinderii prin forjare.

Majoritatea metodelor apreciază plasticitatea prin înregistrarea momentului de apariție a primelor crăpături în piesa supusă încercării.

8.2.2.1. REZISTENȚA LA DEFORMARE PLASTICĂ. În cazul prelucrării metalelor prin presiune — reprezintă forța totală raportată la aria de contact necesară deformării plastice pentru anumite condiții de deformare.

Factorii de care depinde rezistența la deformare sînt: compoziția chimică a metalului; temperatura și gradul de deformare; viteza de deformare și schema stării de tensiune. Rezistența la deformare se determină de obicei cu metoda ruperii la întindere și metoda refulării.

8.3. MATERIALE METALICE PRELUCRABILE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

Se pot prelucra prin deformare plastică toate metalele și aliajele care posedă într-un anumit domeniu de temperatură o anumită plasticitate, adică se pot deforma plastic permanent sub acțiunea unor forțe exterioare.

Din totalitatea metalelor și aliajelor utilizate pentru prelucrarea prin deformare plastică, oțelurile reprezintă 80% iar restul îl constituie metalele și aliajele neferoase.

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească un material supus deformării plastice sînt:

— să corespundă din punct de vedere al compoziției chimice și al structurii metalografice prescrise;

— să nu prezinte defecte exterioare ca: fisuri, suprapuneri, exfolieri etc.

— să nu prezinte defecte interioare ca: incluziuni de zgură sau materiale nemetalice, pori, sufluri, segregații etc.

Materialele se livrează sub formă de: lingouri, blumuri, brame, țagle. Dimensiunile nominale și toleranțele admisibile, precum și condițiile de recepționare pentru blumuri, brame și țagle sînt date în STAS 436-64.

8.4. MAŞINI UNIVERSALE PENTRU DEFORMARE PLASTICĂ

Maşinile **universale** reprezintă **totalitatea** maşinilor care au rolul de a produce forţa şi lucrul mecanic necesar deformării materialului. Parametrii tehnici importanţi ai maşinilor sînt: L — lucrul de deformre util (la o cursă, respectiv la o lovitură a organu-

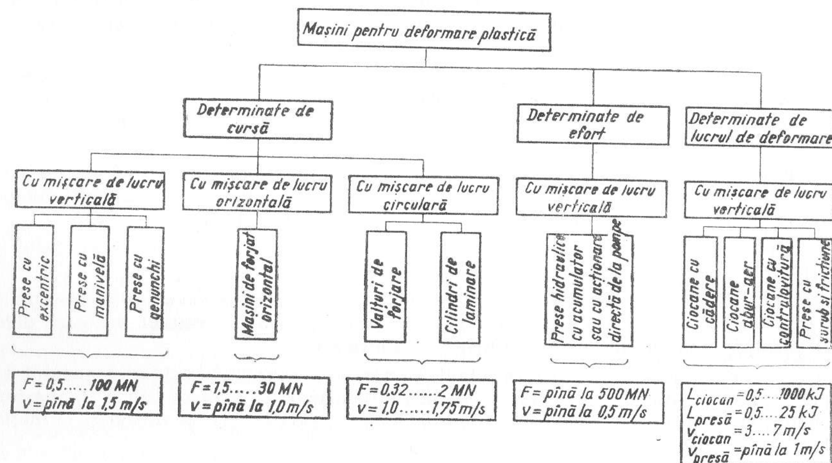


Fig. 8.4. Clasificarea generală a maşinilor întrebuinţate în procesul de deformare plastică

lui de lucru), J; F — forţa nominală de deformare, daN; v — viteza organului de lucru, m/s; H — cursa organului de lucru, mm.

Clasificarea generală a maşinilor utilizate în procesul de deformare plastică se poate face după criteriile prezentate în fig. 8.4.

Maşinile care stau la baza prelucrării metalelor prin forjare şi matriţare sînt redate în fig. 8.5.

8.5. FORJAREA DE PROFILARE A MATERIALELOR METALICE

8.5.1. FORJAREA RADIALĂ

8.5.1.1. DEFINIŢIE ŞI CLASIFICARE. Forjarea radială este operaţia de forjare cu reducerea succesivă a secţiunii la care forţele de deformare de mărimi identice acţionează simultan după două, patru sau mai multe sensuri **diametral opuse**. **Materialul** primeşte o mişcare de avans (pe verticală sau orizontală) şi o **mişcare de rotaţie**. În toate cazurile operaţia executată este întinderea, diametrul piesei reducîndu-se în trepte la o valoare minimă dorită.

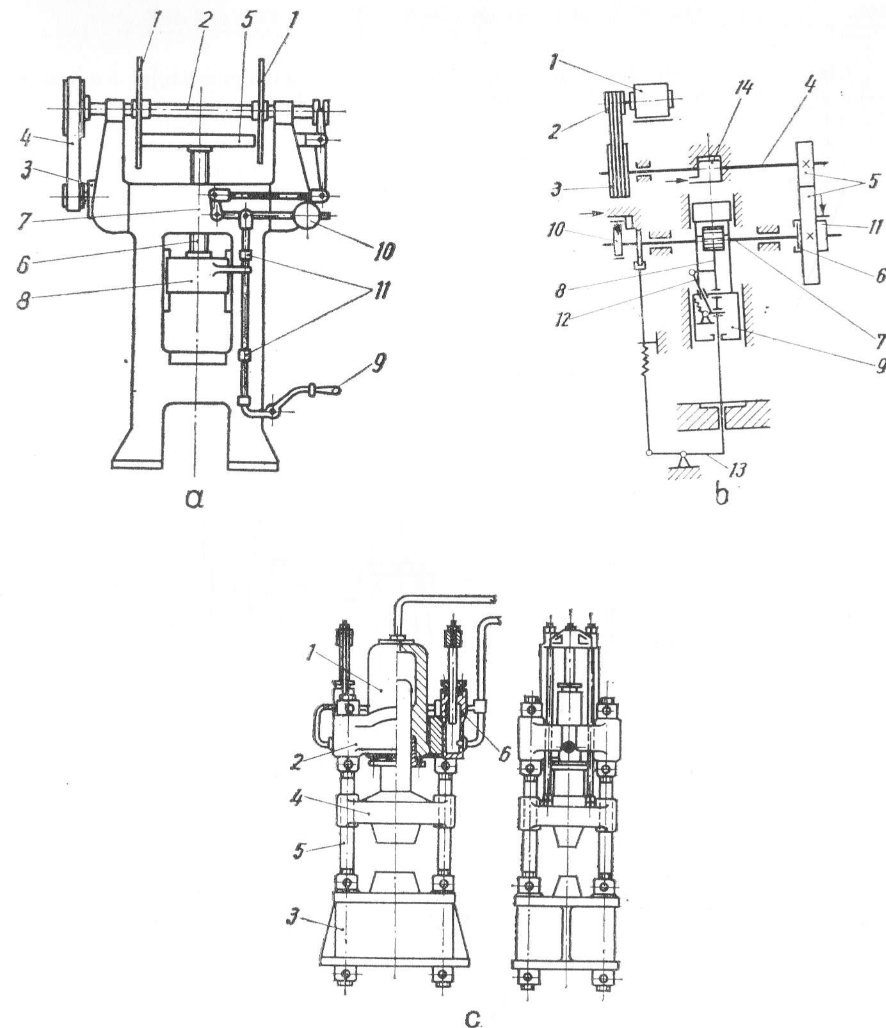


Fig. 8.5. Maşinile de bază pentru forjare şi matriţare:

a — presă cu şurub şi fricţiune: *1* — discuri de fricţiune; *2* — arbore orizontal; *3* — motor electric de acţionare; *4* — curea de transmisie; *5* — volant; *6* — şurub; *7* — piuliţă; *8* — berbec; *9* — manetă de comandă; *10* — contragreutate; *11* — limitatoare de cursă; *b* — schema cinematică a presei mecanice pentru matriţarea la cald (maxipresă): *1* — motor electric de acţionare; *2, 3* — curele trapezoidale; *4* — arbore de distribuţie; *5* — roţi dinţate; *6* — cuplaj; *7* — arbore principal; *8* — bielă; *9* — berbec; *10* — frînă cu bandă; *11* — frînă cu sabot; *12* — mecanism de evacuare în berbec; *13* — mecanism de evacuare în masa piesei; *14* — cilindru de echilibrare a greutăţii berbecului; *c* — presă hidraulică: *1* — cilindru de lucru; *2* — traversă superioară; *3* — traversă inferioară; *4* — traversă mobilă; *5* — coloană de ghidare; *6* — cilindr de ridicare

Clasificarea procedeului se face după: natura avansului materialului (cu tragerea materialului, fig. 8.6, *a*, şi cu împingerea materialului, fig. 8.6, *b*); după forma produselor obţinute (pentru piese pline şi pentru piese tubulare), după temperatura de lucru (la cald şi la rece).

8.5.1.2. CONSIDERAŢII ASUPRA PROCEDEULUI. REPARTIZAREA EFORTULUI DE DEFORMARE (fig. 8.7). Întrucît diametrul porţiunii cilindrice a ciocanelor

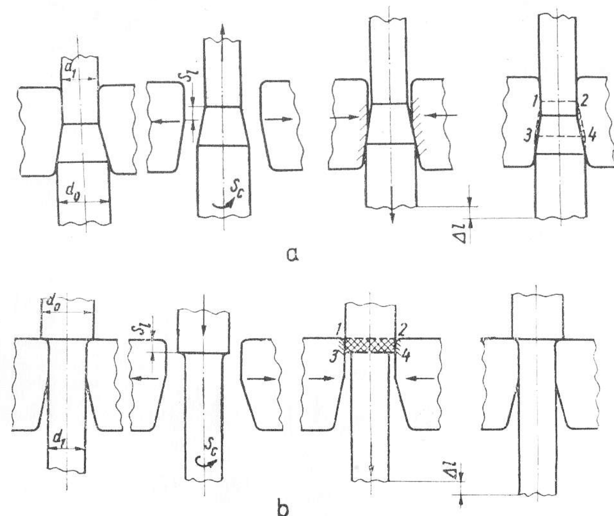


Fig. 8.6. Schema forajării radiale:
a — cu tragerea materialului; *b* — cu împingerea materialului

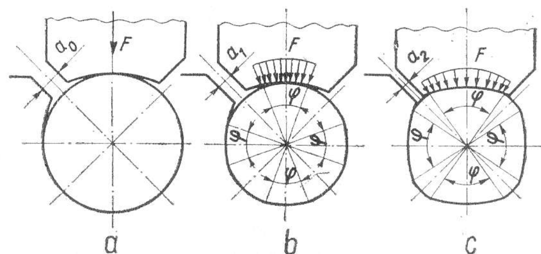


Fig. 8.7. Repartiţia efortului de forjare asupra perimetrului semifabricatului în timpul unei lovituri.

este mai mare decît cel al semifabricatelor, în momentul loviturii contactul se face într-un singur punct (fig. 8.7, *a*) asupra căruia acţionează forţa de deformare F de la fiecare ciocan în parte. Pe măsura deformării semifabricatului, creşte contactul între

ciocan şi semifabricat la o suprafaţă definită de unghiul φ cu atît mai mare cu cît cursa ciocanului se apropie de sfîrşit (fig. 8.7, *b* şi *c*). În felul acesta forţa concentrată F se transformă într-un efort uniform distribuit a cărui valoare pe unitatea de suprafaţă scade pe măsura măririi suprafeţei de contact. La terminarea cursei de lucru valoarea

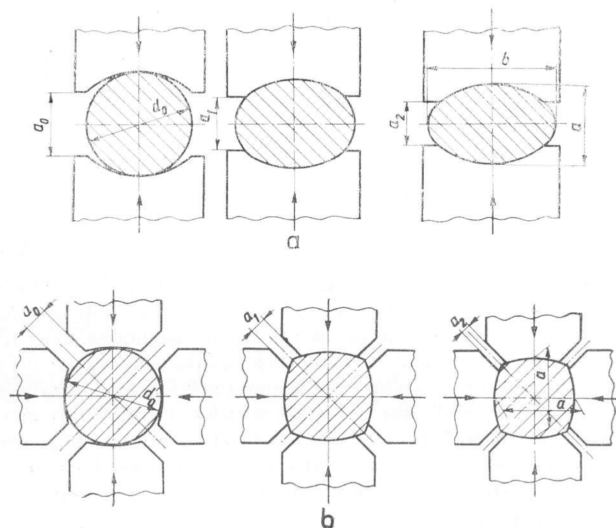


Fig. 8.8. Deformarea materialelor la forjarea radială:
a — între două ciocane; *b* — între 4 ciocane

efortului este zero şi la cursa următoare ciclul se reia. Valoarea maximă a unghiului φ la sfîrşitul loviturii depinde de: gradul de deformare; raportul dintre diametrul suprafeţei cilindrice de lucru al ciocanelor D_c şi diametrul semifabricatului d.

Pentru o valoare mică a acestui raport unghiul φ este mare (φ se alege mai mic decît 90° pentru că la valoarea de 90° $D_c = d$ şi deformarea nu se mai produce). Deformarea materialului depinde de numărul ciocanelor de lucru (fig. 8.8 *a* şi *b*).

Parametrii regimului de lucru:

— Avansul radial

$$s_r = \frac{60 \cdot v_c}{n} \quad \text{[mm/lovitură]}, \tag{8.3}$$

în care: v_c este viteza de apropiere a ciocanului de 1,5—22 mm/s; n — numărul de lovituri al ciocanului, lovituri/min.

— Avansul longitudinal

$$s_l = \frac{60 \cdot v_{cp}}{n} \quad \text{[mm/lovitură]}, \tag{8.4}$$

unde v_{cp} = 10 ... 250 mm/s este viteza de deplasare a capului de prindere depinzînd de tipul utilajului

— Avansul circular

$$s_c = \frac{\pi d \cdot n_1}{n} \quad [\text{mm/lovitură}], \tag{8.5}$$

unde: d este diametrul semifabricatului, mm; n_1 — turaţia capului de prindere, rot/min

— Unghiul de rotire între două lovituri

$$\psi = \frac{360\, n_1}{n} \quad [\text{grd/lovitură}]. \tag{8.6}$$

Avantajele forjării radiale. Productivitatea ridicată datorită vitezelor mari de lucru şi a gradelor mari de deformare la o singură trecere; toleranţe restrînse ($\Delta_t = \pm$ 0,10 ... $\pm$ 0,3 mm); proprietăţi îmbunătăţite ale pieselor prin asigurarea unui fibraj continuu şi limitarea posibilităţii de imprimare superficială a oxizilor; funcţionare şi reglare simplă a maşinii; preţ de cost redus al sculelor (aproximativ 0,5 ... 3% din costul matriţelor pentru ciocane şi prese); durabilitatea ridicată a sculelor şi posibilităţi mărite de recondiţionare; randamentul energetic al ciocanelor rotative atinge 70%; posibilitatea de forjare a aliajelor cu plasticitate redusă datorită stării tensionale favorabile în timpul deformării mai ales în cazul întrebuinţării a patru ciocane; economii de material.

8.5.1.3. UTILAJE PENTRU FORJAREA RADIALĂ. Tipurile principale de maşini sînt prezentate în fig. 8.9.

Maşinile au 2—4 ciocane putînd să prelucreze piese cu diametrul de 5—160 mm (pline sau tubulare). Forţa utilă de lucru este 800—6 500 kN, iar numărul de curse cuprins între 250 şi 1 000 curse/min.

Scule de lucru. Indiferent de tipul maşinii sculele urmăresc în totalitate forma piesei pentru forjat şi poartă denumirea de ciocane.

După mărime, ciocanele sînt considerate ca mici pentru piese cu diametru de pînă la 80 mm şi mari pentru piese peste 80 mm diametru.

În fig. 8.10 şi 8.11 sînt date dimensiunile constructive ale ciocanelor normale, mici şi mari. Majoritatea dimensiunilor se dau constructiv cu cote fixe în funcţie de mărimea ciocanului. Materialul pentru execuţia ciocanelor (oţel de scule de tipul VCW 85) se alege conform STAS 3611-66. Suprafaţa activă a ciocanelor se încarcă prin sudură cu un strat din aliaj dur de cca. 5 mm grosime atît la sculele noi, cît şi la cele recondiţionate. Duritatea suprafeţei se recomandă a fi 45—48 *HRC*.

8.5.1.4. PROCESUL TEHNOLOGIC. PROBLEME SPECIFICE. Pentru asigurarea toleranţelor prescrise semifabricatele se debitează la greutatea piesei finite şi se încălzesc fără oxidare. Diametrul maxim al semifabricatului corespunde cu diametrul maxim al piesei. Un capăt al semifabricatului nu se forjează şi constituie partea de fixare în capul de prindere.

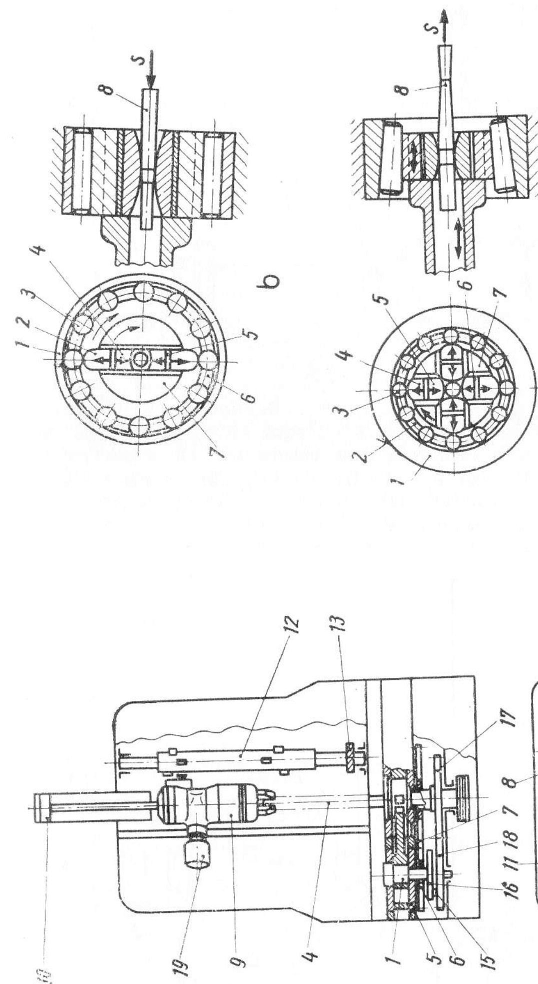


Fig. 8.9. Maşini pentru forjarea radială:

a — maşină radială de precizie: *1* — mecanism cu excentric; *2* — berbecul ciocanului; *3* — ciocan pentru deformare; *4* — semifabricat; *5* — manşon excentric; *6, 7* — roţi dinţate; *8* — piston; *9* — dispozitiv cu fălci; *10* — cilindru hidraulic; *11, 12* — tamburi; *13* — angrenaj; *14* — disc de ghidare; *15* — pietre de culisă; *16* — volanţi; *17* — roată dinţată centrală; *18* — roată dinţată; *19* — motor electric; *b* — mecanismul de reducere al maşinii de forjat radială cu doi berbeci şi deformare constantă: *1* — inel exterior; *2* — pistonaşe; *3* — role; *4* — ciocane; *5* — pene de reglaj; *6* — inel separator; *7* — arbore principal; *8* — semifabricat; *c* — mecanismul de reducere pentru maşina de forjat radială cu 4 berbeci şi deformare variabilă: *1* — inel exterior rotativ; *2* — inel separator; *3* — role; *4* — pistonaşe; *5* — ciocane; *6* — pantă de reglaj; *7* — arbore principal; *8* — semifabricat

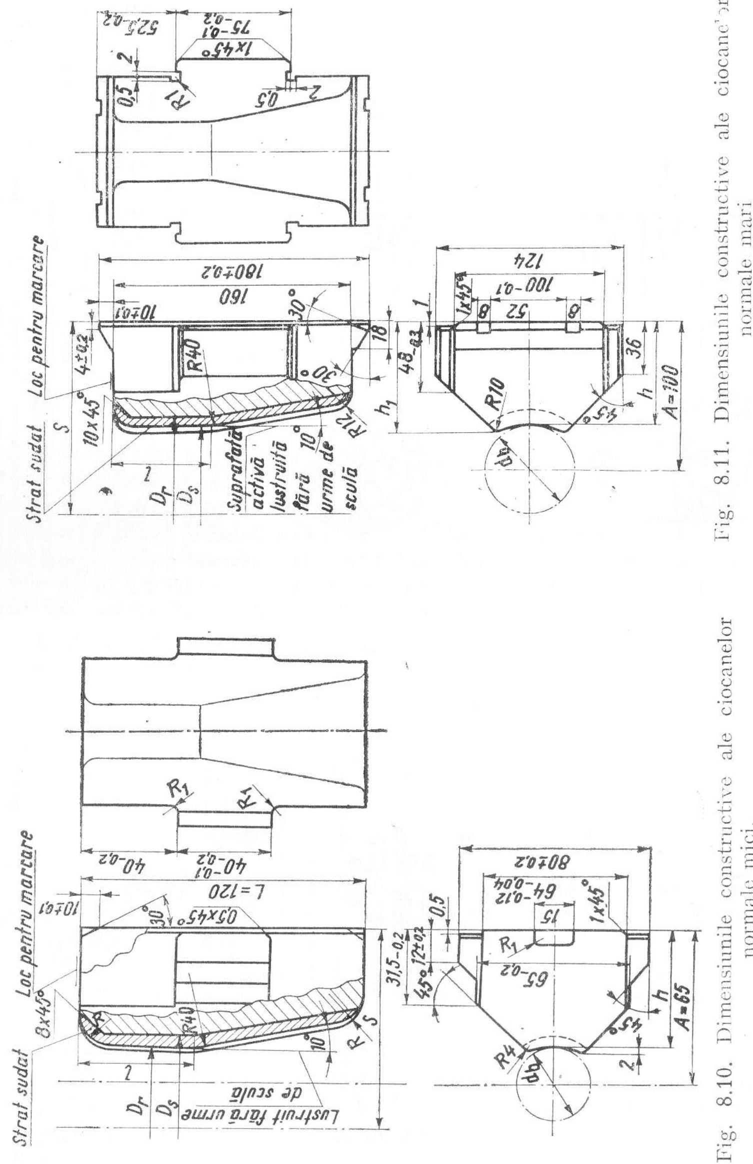


Fig. 8.10. Dimensiunile constructive ale ciocanelor normale mici.

Fig. 8.11. Dimensiunile constructive ale ciocanelor normale mari

Fazele ciclului de forjare. Prin forjare radială se realizează piese de formă și dimensiuni diferite cu aceeași garnitură de scule. Fazele componente ale unui ciclu de forjare depind de varianta tehnologică de execuție a piesei (prin împingere, prin tragere, sau combinată).

Pentru o piesă forjată, simplă (fig. 8.12) formată din trei trepte de forjare cu diametrul d_1, d_2 și d_3 și lungimea l_1, l_2, l_3 materialul de pornire fiind un semifabricat cu diametrul d_0 și lungimea L, fazele ciclului de forjare pentru cele trei variante posibile de execuție sînt date în fig. 8.13 și 8.14.

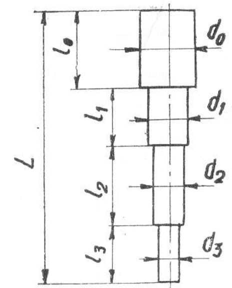


Fig. 8.12. Ax cu trei trepte forjate.

8.5.2. FORJAREA ROȚILOR DINȚATE

Danturarea se realizează cu ajutorul unor scule de presare și rotație care acționează asupra suprafeței laterale a semifabricatului cilindric sau conic încălzit superficial prin inducție.

Pentru roți cilindrice principiul de lucru este dat în fig. 8.15, *a* (pentru procedeul de trecere) fig. 8.15, *b* (pentru procedeul de pătrundere).

În cazul procedeului de trecere semifabricatul (semifabricatele) *6* este împins de suportul *4* în inductorul *3*. La începutul procesului de deformare semifabricatul *5* se sprijină pe roata divizoare *2* angrenată cu cilindrii dințați *1* care produc deformarea. Roțile dințate rezultate joacă pe rînd rolul roții divizoare *2*.

În cazul procedeului de pătrundere semifabricatul prematrițat este centrat și strîns între două jumătăți de piese profilate și antrenat fără alunecare. Sculele pentru danturat sînt împinse înainte, radial spre piesa de prelucrat pînă la angrenare.

8.5.3. FORJAREA PRIN LAMINARE

8.5.3.1 DEFINIRE ȘI CLASIFICARE. Forjarea prin laminare este operația de deformare plastică utilizată pentru obținerea unor piese sau semifabricate cu ajutorul unor matrițe fixate pe doi sau trei cilindri. Clasificarea procedeelor de forjare prin laminare este dată în tabelul 8.2.

8.5.3.2. CONSIDERAȚII ASUPRA PROCEDEULUI. Forjarea prin laminare se execută cu ajutorul sculelor rotative simple (cilindrii) sau a unor matrițe segment de cilindru fixate pe circumferința unor cilindri a căror diametre variază obișnuit între 500–1 000 mm. Viteza periferică de lucru este cuprinsă între 0,4 și 0,85 m/s. Procedeul se utilizează pentru fabricația de masă și serie mare asigurînd: un grad înalt de automatizare; viteze mari de execuție; toleranțe restrînse și adaosuri mici pentru prelucrare; durabilitate mare pentru scule; cheltuieli mici de întreținere; utilizarea mai completă a materialului; caracteristici de rezistență îmbunătățite.

Calculul forței de deformare:

$$F = p_m b_m \sqrt{r \Delta h} \qquad [\text{daN}], \qquad (8.7)$$

unde $p_m = 20 \ldots 35$ daN/mm² este presiunea specifică medie de apăsare (prin lubrifiere se reduce cu 20–30%); b_m — lățimea medie a semifabricatului în momentul deformării, mm; r — raza de curbură a matrițelor; Δh — înălțimea semifabricatului înainte de deformare; h_0, minus înălțimea semifabricatului după deformare, h_1; $\Delta h = h_0 - h_1$.

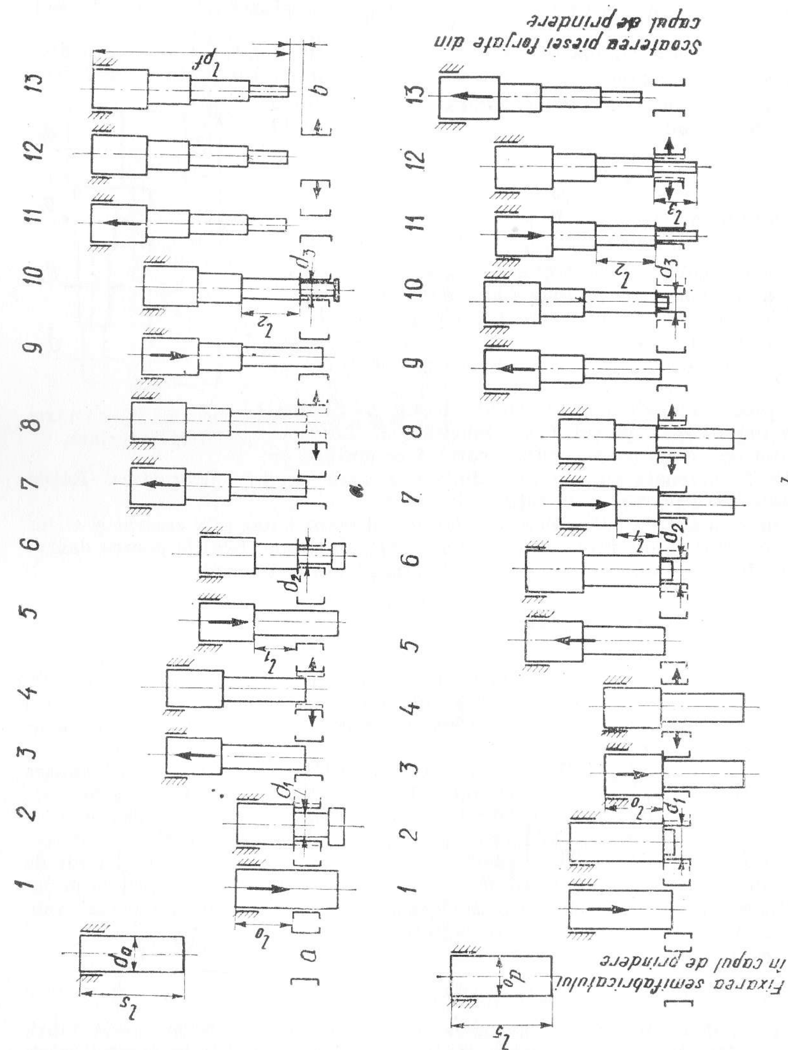


Fig. 8.13. a) Fazele forjării prin tragere cu fixarea semifabricatului în capul de prindere (*a*) și scoaterea piesei forjate din capul de prindere (*b*); b) fazele forjării prin împingere:

1 — cap prindere, mers rapid în jos; *2* — ciocane, avans închidere; *3* — cap prindere, avans în sus (a), în jos (b); *4* — ciocane mers rapid deschidere; *5* — cap prindere, mers rapid în jos; *6* — ciocane, avans închidere; *7* — cap prindere, avans în sus (a), în jos (b); *8* — ciocane, mers rapid deschidere *9* — cap prindere; mers rapid în jos (a), în sus (b); *10* — ciocane, avans închidere; *11* — cap prindere avans în sus (a), în sus (b); *12* — ciocane, mers rapid deschidere; *13* — cap de prindere mers rapid în sus (b).

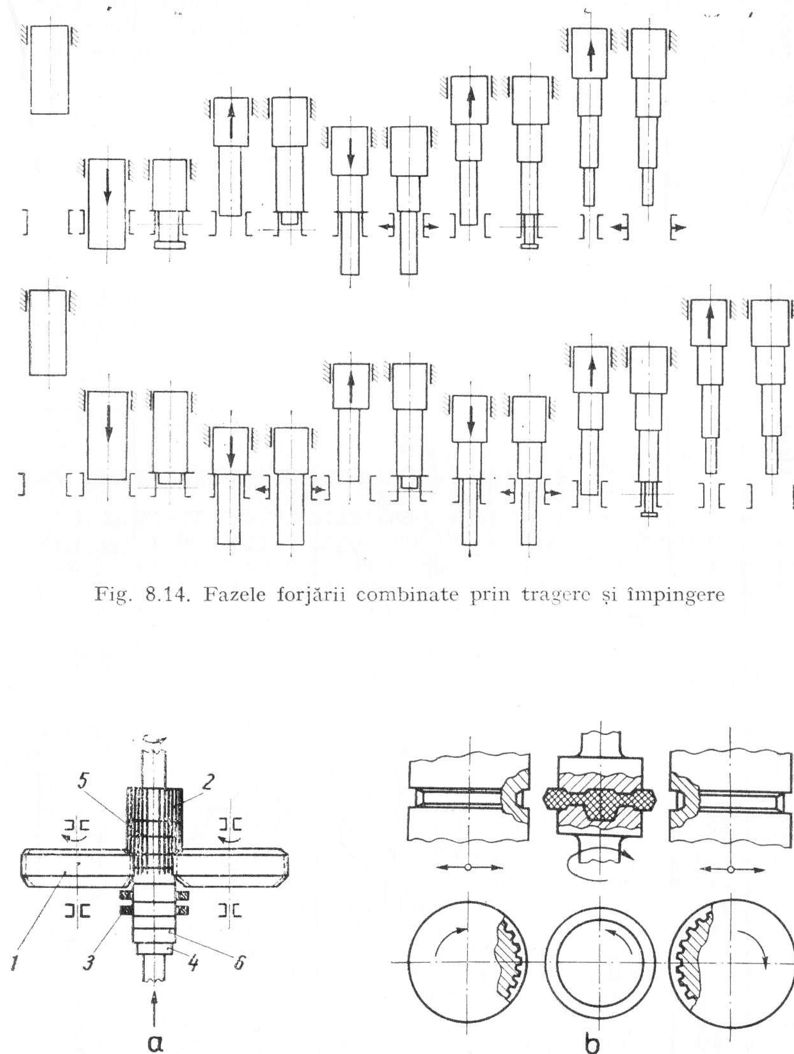


Fig. 8.14. Fazele forjării combinate prin tragere și împingere

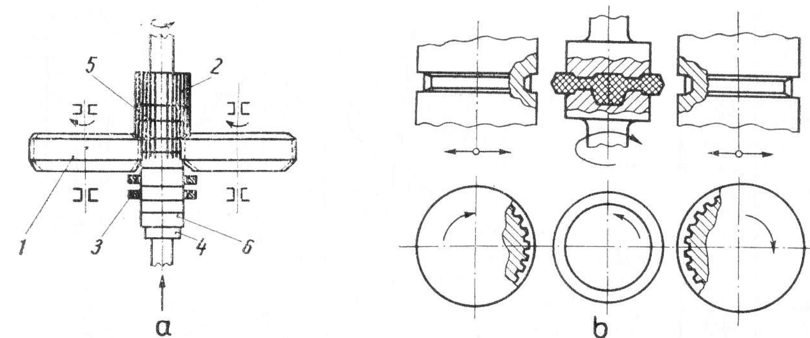


Fig. 8.15. Forjarea roților dințate cilindrice:

a — schema mașinii cu avans continuu pentru rularea danturii prin procedeul de trecere; *b* — schema mașinii pentru rularea danturii roților cilindrice prin procedeul pătrunderii

Tabelul 8.2

Clasificarea procedeelor de forjare prin laminare

Denumirea procedeului		Schița pentru procedeu	Scula: Denumirea	Scula: Poziția	Scula: Forma	Scula: Construcția	Observații
Laminare longitudinală	continuă		Cilindri	Liberă (cu distanță între axe variabilă)	Netedă	Deschisă	Procedeul se numește și întindere prin laminare
	periodică		Matriță segment de cilindru	Determinată (cu distanța dintre axe fixă)	Profilată	Închisă	
Laminare transversală			Cilindri profilați				
Laminare prin presare			Cilindru și matriță plană		Combinată (cilindru neted)	Semi închisă	Înălțimea nervurilor piesei este mică

8.5.3.3. UTILAJUL PENTRU FORJAREA PRIN LAMINARE. Este specific fiecărei categorii de piese (tabelul 8.3).

Sculele pentru deformare au forma unor cilindri obișnuiți sau a unor role cu suprafață mică de contact. În cazul cilindrilor, matrița care cuprinde profilul piesei pentru matrițat se execută direct pe cilindru de forjat (profile simple) sau separat după care se fixează pe cilindru de lucru.

8.5.3.4. PROCESUL TEHNOLOGIC. PROBLEME SPECIFICE. Procesul de deformare are loc numai la cald. La calculul semifabricatului se ține seama de următoarele particularități: coeficientul de umplere a canalului de bavură se adoptă la valoarea $k = 0{,}2 \ldots 0{,}5$; trecerea de la o secțiune la alta se face cu unghiuri cît mai mari; grosimea semifabricatului inițial se alege cu 12–15% mai mare decît diametrul sau grosimea celei mai mari secțiuni transversale a semifabricatului profilat.

Pentru a evita formarea cavităților în zona centrală (în cazul laminării transversale) se utilizează 3 cilindri în loc de 2. În acest fel se produce o deformare pronunțată a barei n direcția axială.

8.6. MATRIȚAREA PIESELOR DIN MATERIALE METALICE

8.6.1. MATRIȚAREA PE MAȘINI UNIVERSALE

8.6.1.1. DEFINIȚIE ȘI CLASIFICARE. Matrițarea este procedeul de deformare plastică prin presare la cald sau la rece la care materialul este obligat să ia forma și dimensiunile cavității prevăzute în scula de lucru în funcție de configurația pieselor executate.

După modul de execuție matrițarea este: deschisă (cu bavură) și închisă (fără bavură), iar după precizia realizată matrițarea se clasifică în matrițare normală și de precizie.

Matrițarea deschisă se caracterizează prin formarea unei bavuri care duce la schimbarea fibrajului în piesă și la obținerea unui deșeu. Se execută într-o singură cavitate sau în două cavități ale matriței.

Matrițarea închisă constă în deformarea semifabricatului într-o singură cavitate a matriței și obținerea piesei fără bavuri.

Matrițarea normală se încadrează din punct de vedere al preciziei de prelucrare în standarde prevăzute pentru fiecare procedeu. Matrițarea de precizie urmărește reducerea toleranțelor admise la dimensiuni care să mărească gradul de apropiere a piesei matrițate de cea finită. Operația se realizează cu economii sporite de material, crescînd însă gradul de dificultate pentru producerea piesei. Adaosurile prevăzute la matrițarea de precizie depind de felul prelucrării mecanice ulterioare a pieselor matrițate și au următoarele valori: pentru suprafețe supuse lustruirii 0,15–0,2 mm; pentru suprafețe supuse rectificării 0,25–0,3 mm; pentru suprafețe supuse prelucrării prin așchiere 0,6–1 mm.

Debitarea semifabricatelor se face la dimensiuni exacte, iar încălzirea se execută în cuptoare cu inducție sau medii neutre pentru a împiedica oxidarea la suprafață.

8.6.1.2. CONSIDERAȚII ASUPRA PROCEDEULUI. Matrițarea este unul din procedeele de prelucrare cel mai răspîndit în industria constructoare de mașini. Prin productivitatea ridicată ca și prin precizia de realizare procedeul se extinde la o gamă largă de piese (tabelul 8.4).

Matrițarea este influențată de următorii factori: temperatura de lucru; plasticitatea materialului; configurația piesei și alegerea corespunzătoare a planului de separație a piesei; starea utilajului și a sculelor de lucru; lubrifierea.

Tabelul 8.3

Utilaj pentru forjare prin laminare

Tipul de piesă	Tipul utilajului	Schema de principiu a părții de lucru a utilajului	Observații
Axe în trepte, conice, filetate, arbori, armături, semiaxe, fusuri de cilindrii etc. $l/d \geqslant 1$ $l \leqslant 400$ mm d $\leqslant 120$ mm	Mașină de laminat cu 3 role (cilindrice sau conice)		Executarea piesei are loc prin copiere: rolele sînt antrenate hidraulic
Tuburi cu aripioare $d_{si} \leqslant 40$ mm $l_{si} \leqslant 5000$ mm	Mașină de laminat cu 3 cilindri		
Bile, role și piese a căror profil se poate realiza prin laminare periodică $l/d \approx 1$ $l \approx d \leqslant 120$ mm	Mașină de laminat profile periodice cu 2 cilindrii care formează o cajă închisă sau deschisă (în consolă)		Diametrul cilindrilor de lucru este egal cu de 5 ... 7 ori diametrul piesei

Tabelul 8.4

Forma pieselor în funcție de matrițarea pe ciocane și prese

Utilaj	Grupa	Forma pieselor	Tipul pieselor
Ciocane	I		Piesă cu axă dreaptă și alungită (arbori drepți biele etc.)
	II		Piese cu axă curbă
	III		Piese cu proeminențe
	IV		Piese cu ramificații
	V		Piese rotunde în plan sau apropiate de această formă

Tabelul 8.4 (continuare)

Utilaj	Grupa	Forma pieselor	Tipul pieselor
Ciocane	VI		Piese de formă mixtă
Prese cu manivelă şi excentric	I		Rotunde sau pătrate în plan sau apropiate de această formă
	II		Cu axă alungită
	III		Cu axă curbă
	IV		Piese de formă mixtă
Prese cu fricţiune	I		Piese mici de formă oarecare

Tabelul 8.4 (continuare)

Utilaj	Grupa	Forma pieselor	Tipul pieselor
Prese cu fricţiune	II		Piese mijlocii de tipul braţului cu un corp
	III		Piese cu guler şi racordări
Prese hidraulice	I		Piese tip pahar, bucşe etc.
	II		Bucşe, flanşe etc.
	III		Piese de tipul racordurilor

Forţa necesară deformării. Pentru cazul cel mai general (fig. 8.16) forţa necesară matriţării pentru semifabricate cilindrice are expresia:

$$F = \sigma_r\left[\left(1{,}5 + \frac{b_p}{2h}\right)A + \left(1{,}5 + \frac{b_p}{h} + 0{,}10\,\frac{d}{h}\right)A_n\right]\ \text{[daN]} \qquad (8.8)$$

şi

$$F = 1{,}15\,\sigma_r\left[\left(1 + \frac{b_p}{h}\right)A + \left(1 + \frac{b_b}{h} + 0{,}15\,\frac{a}{h}\right)A_n\right], \qquad (8.9)$$

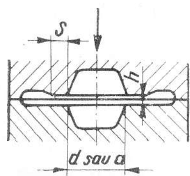


Fig. 8.16. Schema de principiu a matriţării

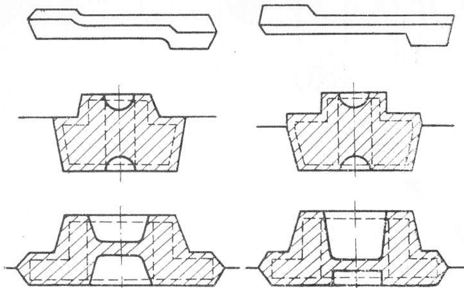
pentru semifabricate de secţiune pătrată sau altă formă, în care: b_p este lăţimea puntiţei bavurii, mm; h – grosimea puntiţei bavurei, mm; A – aria puntiţei bavurii, mm²; A_n – aria semifabricatului în proiecţie orizontală, mm²; d – diametrul semifabricatului, mm; σ_r – rezistenţa de rupere la temperatura de lucru, daN/mm² (tabelul 8.5); a – latura patratului, mm.

8.6.1.3. PROCESUL TEHNOLOGIC. Proiectarea procesului tehnologic de matriţare depinde de caracteristicile pieselor ce se execută (formă şi dimensiuni, calitatea materialului, toleranţe, structură, proprietăţi etc.).

Procesul tehnologic depinde de întocmirea corectă a desenului de piesă matriţată, proiectarea, calculul şi construcţia corectă a matriţelor, precum şi alegerea corespunzătoare a succesiunii fazelor de matriţare.

Întocmirea desenului piesei matriţate. Desenul ţine seama de condiţiile de funcţionare ale piesei şi cuprinde:

– Planul de separaţie care se alege în funcţie de felul închiderii matriţei şi corespunde următoarelor cerinţe: scoaterea uşoară a piesei din matriţă; umplerea completă


Fig. 8.17. Posibilităţi diferite de alegere a planului de separaţie la piesele matriţate

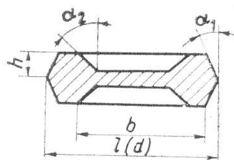


Fig. 8.18. Înclinările pieselor matriţate

a locaşului matriţei; repartizarea simetrică a piesei în cele două semimatriţe. În fig. 8.17 sînt prezentate cîteva posibilităţi de alegere a planului de separaţie.

– Adaosurile de prelucrare pentru calitatea suprafeţei şi toleranţele de dimensiuni (STAS 1299-67).

– Înclinările de matriţare sînt exterioare α_1 şi interioare α_2 (fig. 8.18). Alegerea înclinărilor exterioare se face în funcţie de raportul h/b şi l/b din tabelul 8.6, pentru matriţarea la ciocane şi din tabelul 8.7, pentru matriţarea la prese. Înclinările interioare sînt cu 30–40% mai mari.

Tabelul 8.5

Rezistenţa de rupere la temperatura de lucru

Material	Rezistenţa de rupere la rece a oţelului σ_r[daN/mm²]	Rezistenţa de rupere a oţelurilor la cald pentru temperaturile, °C:					
		700	800	900	1000	1100	1200
Oţel carbon moale	40	7,2	6,25	5,0	3,1	2,5	2,0
Oţel cu conţinut mediu de carbon	60	16,2	11,2	7,6	5,5	3,7	2,5
Oţel carbon dur	80	24,2	17,5	11,0	7,0	4,9	3,1
Oţel aliat	100	32,0	21,0	13,5	8,5	6,2	3,8

Tabelul 8.6

Înclinările exterioare la matriţarea la ciocan

$\frac{L}{b}$ \ $\frac{H}{}$	1	3	3,1 . . . 5	5,1 . . . 7	7,1 . . . 9	9
Pînă la 1,5	5° ± 30′	7° ± 30′	10° ± 30′	12° ± 30′	15° ± 30′	15° ± 30′
Peste 1,5	5° ± 30′	5° ± 30′	7° ± 30′	9° ± 30′	12° ± 30′	15° ± 30′

Tabelul 8.7

Înclinările exterioare la matriţarea la prese

$\frac{l}{b}$ \ $\frac{h}{}$	pînă la					
	1	1 . . . 3	3 . . . 4,5	4,5 . . . 6,5	6,5 . . . 8	8
Pînă la 1,5	2°	3°	5°	6°	7°	10°
Peste 1,5	2°	2°	3°	5°	6°	7°

— Razele de racordare evită muchiile ascuţite care duc la apariţia crăpăturilor şi la majorarea solicitărilor mecanice. În funcţie de raportul h/b (fig. 8.19) valorile razelor de racordare sînt date în tabelul 8.8.

Tabelul 8.8

Razele de racordare pentru execuţia pieselor pe ciocane şi prese

$\frac{h}{b}$	r	R
<2	0,05 h + 0,5	2,5 r + 0,5
2 ... 4	0,06 h + 0,5	3,0 r + 0,5
>4	0,07 h + 0,5	3,5 r + 0,5

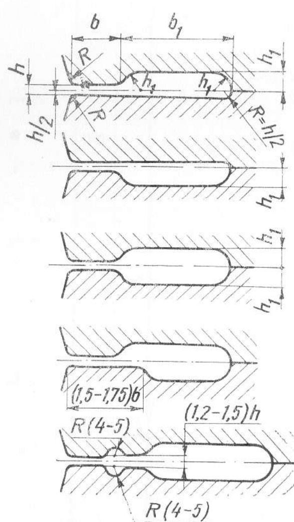


Fig. 8.20. Tipuri şi lăcaşuri pentru bavură

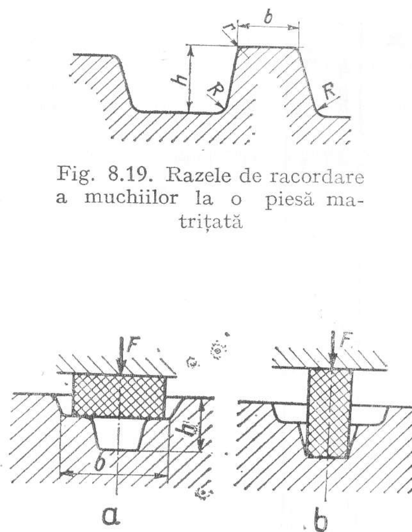


Fig. 8.19. Razele de racordare a muchiilor la o piesă matriţată

Fig. 8.21. Variante de matriţare: *a* — cu împingere; *b* — cu refulare

Bavură, formă şi dimensiuni. Principalele tipuri de bavură sînt date în fig. 8.20. Dimensiunile canalului de bavură depind de felul matriţării (fig. 8.21) şi de utilajul pentru deformare (tabelul 8.9 şi tabelul 8.10).

Proiectarea matriţei. Clasificarea locaşelor de matriţare se face în funcţie de rolul lor în procesul de deformare. O matriţă cu mai multe locaşuri cuprinde:

Tabelul 8.9

Dimensiunile locaşului de bavură pentru matriţarea pe ciocane

h [mm]	h_1 [mm]	R [mm]	Matriţare cu refulare b [mm]	Matriţare cu refulare b_1 [mm]	Matriţare cu refulare A_b [mm²]	Matriţare cu refulare şi împingere b [mm]	Matriţare cu refulare şi împingere b_1 [mm]	Matriţare cu refulare şi împingere A_b [mm²]	Matriţare cu împingere b [mm]	Matriţare cu împingere b_1 [mm]	Matriţare cu împingere A_b [mm²]
0,6	3,0	1,0	6,0	18,0	52,0	6,0	20,0	61,0	8,0	22,0	74,0
0,8	3,0	1,0	6,0	20,0	69,0	7,0	22,0	77,0	9,0	25,0	88,0
1,0	3,0	1,0	7,0	22,0	80,0	8,0	25,0	91,0	10,0	28,0	104,0
1,6	3,5	1,0	8,0	22,0	102,0	9,0	25,0	113,0	11,0	30,0	155,0
2,0	4,0	1,5	9,0	25,0	136,0	10,0	28,0	153,0	12,0	32,0	177,0
3,0	5,0	1,5	10,0	28,0	201,0	12,0	32,0	233,0	14,0	38,0	278,0
4,0	6,0	2,0	11,0	30,0	268,0	14,0	38,0	344,0	15,0	42,0	385,0
5,0	7,0	2,0	12,0	32,0	343,0	15,0	40,0	434,0	18,0	46,0	506,0
6,0	8,0	2,5	13,0	35,0	435,0	16,0	42,0	530,0	20,0	50,0	642,0
8,0	10,0	3,0	14,0	38,0	601,0	18,0	46,0	745,0	22,0	55,0	903,0
10,0	12,0	3,0	15,0	40,0	768,0	20,0	50,0	988,0	25,0	60,0	1208,0

Tabelul 8.10

Dimensiunile locaşului de bavură pentru matriţarea pe prese

h [mm]	h_1 [mm]	R [mm]	Matriţare cu refulare b [mm]	Matriţare cu refulare b_1 [mm]	Matriţare cu refulare A_b [mm²]	Matriţare cu refulare şi împingere b [mm]	Matriţare cu refulare şi împingere b_1 [mm]	Matriţare cu refulare şi împingere A_b [mm²]	Matriţare cu împingere b [mm]	Matriţare cu împingere b_1 [mm]	Matriţare cu împingere A_b [mm²]
0,6	3,0	1,0	4,0	16	50	4,5	18	57	5,0	20	64
0,8	3,5	1,0	4,5	18	67	5,0	20	75	6,0	22	83
1,0	4,0	1,0	5,0	20	87	6,0	22	97	7,0	25	111
1,6	5,0	1,5	6,0	20	113	7,0	22	126	8,0	25	145
2,0	6,0	1,5	7,0	22	150	8,0	25	179	9,0	28	196
2,4	7,0	2,0	8,0	22	175	9,0	25	202	10,0	28	229
3,0	8,0	2,0	9,0	25	232	10,0	28	264	11,0	30	286
4,0	9,0	2,5	10,0	25	288	11,0	28	311	12,0	31	359
5,0	10,0	2,5	11,0	28	356	12,0	32	410	14,0	36	470

— locaşuri pregătitoare din care fac parte: locaşul de prematriţare; locaşul de matriţare finală;

— locaşul pentru capăt de cleşte care cuprinde cuţitul de tăiere a matriţei;

— dispozitiv de ghidare cu pragul de ghidare al matriţei şi coloană de ghidare.

Locaşul de întindere este locaşul matriţei utilizat pentru mărirea lungimii semifabricatului datorită micşorării suprafeţei secţiunii transversale corespunzător cu configuraţia piesei matriţate. Locaşul de întindere poate fi deschis (fig. 8.22, *a*) sau închis (fig. 8.22, *b*).

Mărimile caracteristice ale locaşului sînt: înălţimea minimă a locaşului de întindere h:

$$h = kd_p \quad [\text{mm}], \tag{8.10}$$

pentru întinderea fără rotirea semifabricatului şi

$$h = k_1 A, \tag{8.11}$$

pentru întinderea cu rotirea semifabricatului, în care: d_p este diametrul piesei brut matriţate inclusiv bavura în porţiunea de întindere mm; A — secţiunea piesei, inclusiv bavura

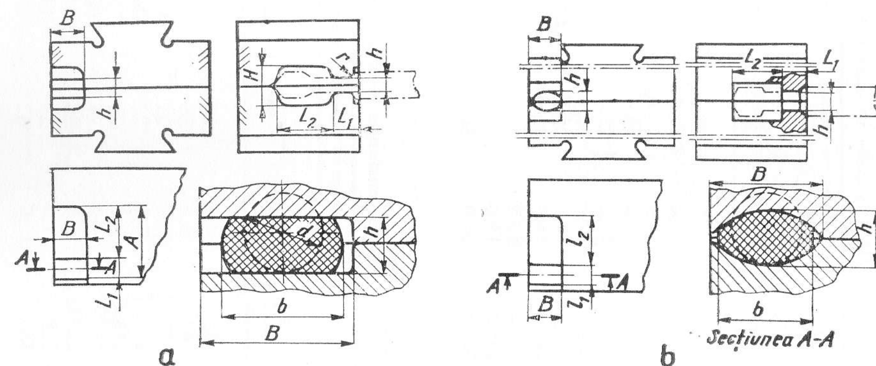


Fig. 8.22. Construcţia şi dimensiunile caracteristice ale locaşului de întindere:
a — locaş deschis; *b* — locaş închis

în porţiunea de întindere, mm²; $k = 0{,}7 \ldots 0{,}8$; $k_1 = 0{,}8 \ldots 0{,}9$; valorile minime se folosesc pentru piese cu lungime mai mare de 500 mm şi cele maxime pentru piese cu lungime mai mică de 500 mm.

Înălţimea maximă a cavităţii de întindere

$$H = 2h \quad [\text{mm}]. \tag{8.12}$$

Lungimea pragului de întindere

$$L_1 = (1{,}1 \ldots 1{,}5)\ d_s \quad [\text{mm}], \tag{8.13}$$

unde d_s este diametrul semifabricatului iniţial, mm.

Lungimea magaziei locaşului de întindere

$$L_2 = \frac{V_s}{A_s} - L_1 \quad [\text{mm}], \tag{8.14}$$

pentru întindere prin înaintare şi

$$L_2 = \frac{V'_s}{A'_s} \quad [\text{mm}], \tag{8.15}$$

pentru întinderea prin retragere, unde: V_s, A_s sînt volumul şi aria semifabricatului după întindere iar V'_s, A'_s — volumul şi aria semifabricatului cuprinse în porţiunea magaziei locaşului pe lungimea L_2.

Lăţimea locaşului de întindere

$$B = (1{,}2 \ldots 1{,}5)\ d_s \quad [\text{mm}], \tag{8.16}$$

valoarea minimă se ia pentru $d_s > 80$ mm şi cea maximă pentru $d_s < 80$ mm.

Razele de racordare

$$r = 0{,}25\ L_1. \tag{8.17}$$

Locaşul de rulare este locaşul matriţei folosit pentru profilarea prin rulare a semifabricatului, atunci cînd acesta necesită să fie deformat neuniform de-a lungul axei longitu-

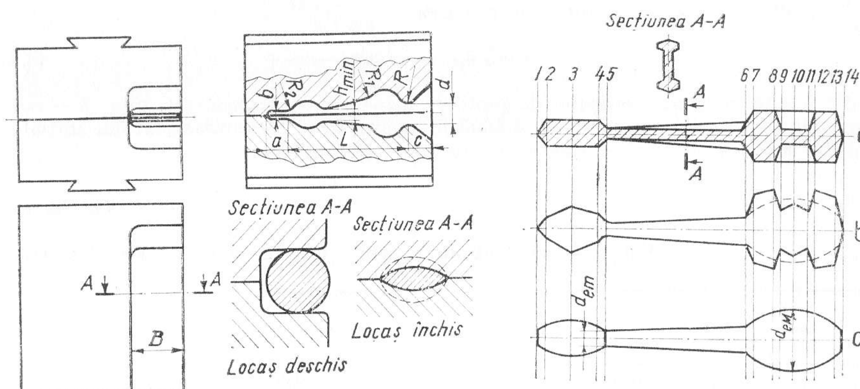


Fig. 8.23. Construcţia şi dimensiunile caracteristice ale locaşului de rulare

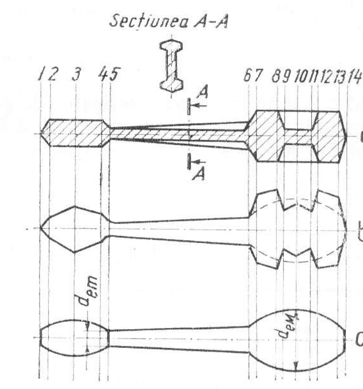


Fig. 8.24. Desenul piesei matriţate şi epura diametrelor:
a — desenul de piesă finită; *b* — epura reală a diametrelor; *c* — epura simplificată a diametrelor

dinale, în aşa fel încît repartiţia volumului de metal în semifabricat să fie cît mai apropiată de repartiţia volumului în piesa brut matriţată (fig. 8.23).

În timpul operaţiei de rulare lungimea semifabricatului rămîne constantă şi egală cu lungimea locaşului de rulare. Dimensiunile locaşului se determină pe baza epurei diametrelor, construită conform desenului de piesă matriţată (fig. 8.24). Diametrul epurei într-o secţiune oarecare

$$d_e = 1{,}13\ \sqrt{A} \quad [\text{mm}], \tag{8.18}$$

unde A este aria transversală a piesei matriţate inclusiv a bavurilor în porţiunea considerată, în mm².

Epura reală a diametrelor se construieşte pe baza ariilor, respectiv a diametrelor, calculate în secţiunile caracteristice ale piesei (1—14). În ordonată se pune valoarea diametrului calculat, iar în abscisă distanţa dintre suprafeţele considerate. Pentru simplificarea conturului obţinut prin epura reală a diametrelor aceasta se rotunjeşte obţinînd epura simplificată a diametrelor (fig. 8.24, *c*). Rotunjirea se face păstrînd constant volumul de material. Pentru piesele îndoite sau curbate semifabricatul se construieşte drept, apoi se îndoaie şi se matriţează.

Dimensiunile locaşului de rulare sînt:

Diametrul de strangulare al semifabricatului în dreptul pragurilor de frînare

$$d \geqslant 0,3\, d_{si} \quad [\text{mm}], \tag{8.19}$$

unde d_{si} este diametrul semifabricatului iniţial.

Adîncimea cavităţii pentru cleşte

$$c = (0,75 \ldots 1)\, d. \tag{8.20}$$

Surplusul de material se colectează într-o cavitate ale cărei dimensiuni sînt: $a = 20 \ldots 40$ mm; $b = 4 \ldots 10$ mm; iar valoarea

$$h = kd_{si} \quad [\text{mm}], \tag{8.21}$$

unde: h este înălţimea locaşului de profilare într-un punct considerat, mm; k — coeficient ale cărui valori depind de diametrul epurei d_e şi al semifabricatului iniţial d_{si} (tabelul 8.11).

Tabelul 8.11

Valorile coeficientului k pentru dimensionarea locaşului de rulare

Diametrul semifabricatului d_s [mm]	<30	30...60	>60
Felul secţiunii	Valoarea coeficientului k		
Secţiuni subţiri ($d_e < d_s$)	⩾0,80	⩾0,75	⩾0,70
Secţiuni groase ($d_e \geqslant d_s$)	⩽1,00	⩽1,05	⩽1,10

Lăţimea B a locaşului de rulare:

— pentru locaşul deschis,

$$B = \frac{A_{si}}{h_{min}} + (10 \ldots 20)\ \text{mm} \quad [\text{mm}], \tag{8,22}$$

dar $B \geqslant d_{eM} + 10$ mm, unde A_{si} este aria transversală a semifabricatului iniţial şi d_{eM} — diametrul maxim din epura simplificată a diametrelor.

— pentru locaşul închis,

$$B = 1,15\, \frac{A_{si}}{h_{min}}, \quad [\text{mm}] \tag{8.23}$$

dar $1,7\, d_{si} \geqslant B \geqslant 1,1\, d_{eM}$.

Toate razele de racordare se adoptă între 5 şi 20 mm în funcţie de locul de aplicare.

Locaşul de formare este locaşul matriţei utilizat pentru obţinerea semifabricatului la o formă apropiată de configuraţia în plan a piesei matriţate pe baza unei deplasări axiale mici a metalului (fig. 8.25).

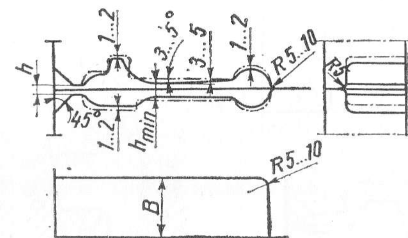


Fig. 8.25. Locaşul de formare

Lăţimea locaşului de formare

$$B = \frac{A_{si}}{h_{min}} + (10 \ldots 20)\ \text{mm} \quad [\text{mm}], \tag{8.24}$$

unde

$$h_{min} \geqslant \sqrt{\frac{A_{si}}{3}}.$$

Raza

$$R = 0,1\, d_{si} + 6\ \text{mm}. \tag{8.25}$$

Profilul cavităţii de formare corespunde conturului liniei de separaţie, faţă de care este aşezat mai în interior cu circa 1—2 mm în locurile puţin strangulate şi cu 3—5 mm în locurile mai strangulate.

Locaşul de îndoire este locaşul matriţei utilizat pentru îndoirea semifabricatului corespunzător configuraţiei piesei matriţate prin deplasarea axială mică a metalului semifabricatului în unele secţiuni (fig. 8.26).

Îndoirea se execută liber (fig. 8.26, *a*) sau cu încastrare (fig. 8.26, *b*) cînd se produce şi o întindere a materialului.

Mărimile caracteristice ale locaşului de îndoire sînt:

$$f = (0,1 \ldots 0,2)H \quad [\text{mm}], \tag{8.26}$$

unde H este grosimea piesei sau semifabricatului în locul îndoirii;

$$h = (0,8 \ldots 0,9)\ H \quad [\text{mm}]; \tag{8.27}$$

$$B = \frac{A}{h} + (10 \ldots 20)\ \text{mm} \quad [\text{mm}], \tag{8.28}$$

unde A este aria piesei sau semifabricatului în locul îndoirii; $r = 3 \ldots 15$ mm;

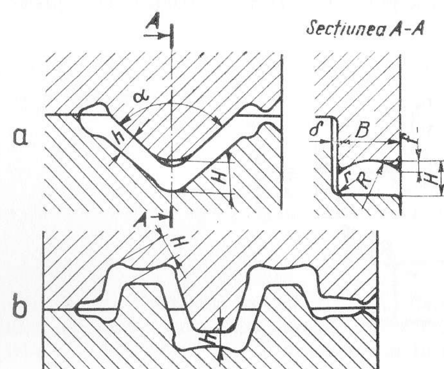


Fig. 8.26. Locaşul de îndoire:
a — îndoire liberă; *b* — îndoire cu încastrare

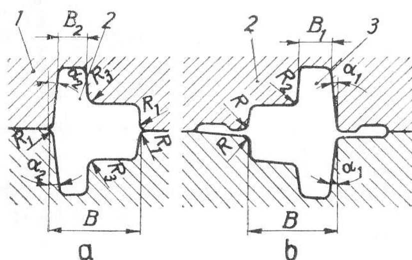


Fig. 8.27. Poziția reciprocă a locaşului de prematrițare şi matrițare finală:
a — locaş de prematrițare; *b* — locaş de matrițare

R se alege în aşa fel încît la valoarea săgeții f să rezulte lățimea B a locaşului; jocul dintre cele două semimatrițe $j = (5 \ldots 10)$ mm;

$\alpha \geqslant 90°$ (recomandabil).

Locaşul de prematrițare este locaşul matriței utilizat anterior matrițării în locaşul de matrițare finală, în care se obține forma şi dimensiunile apropiate de configurația finală a piesei matrițate.

Pentru piese cu nervuri şi proeminențe, locaşul de prematrițare se aşază în aşa fel față de cel de matrițare finală încît piesa să se întoarcă obligatoriu cu 180° (fig. 8.27).

Raza

$$R_1 = R + 2 \ldots 5\ \text{mm} \quad [\text{mm}], \tag{8.29}$$

unde R este raza de racordare pentru locaşul final corespunzător desenului piesei;

$$R_3 = 1,2R_2 + 3\ \text{mm} \quad [\text{mm}], \tag{8.30}$$

unde R_2 este raza pentru locaşul final corespunzător desenului piesei.

Înclinările locaşului de prematrițare sînt aceleaşi cu ale locaşului final de matrițare sau mai mari dacă piesa prezintă porțiuni care se umplu greu. Pentru ca deformarea în locaşul final de matrițare să se facă prin refulare, înălțimea locaşului de prematrițare este cu 10—15% mai mare, iar lățimea cu circa 10—15% mai mică decît dimensiunile piesei matrițate.

Locaşul de matrițare finală este locaşul matriței utilizat pentru obținerea configurației finale a piesei matrițate. Este o copie fidelă a desenului piesei matrițate la care se adaugă mărimea coeficientului de contracție, adaosurile de prelucrare mecanică şi toleranțele.

Locaşul pentru capăt de cleşte este o cavitate în suprafața de separație pentru a creia posibilitatea manevrării semifabricatului fixat în cleşte în timpul matrițării.

Cuțitul de tăiere al matriței este format din muchii ascuțite, utilizat la separarea piesei matrițate din bară cînd din aceasta se obțin mai multe piese.

Dispozitive de ghidare: prag de ghidare — dispoziție a suprafețelor de contact ale matrițelor prin care se asigură o ghidare reciprocă a acestora în timpul matrițării (fig. 8.28); coloană de ghidare — piesă fixată rigid în matrița inferioară care se utilizează pentru ghidarea matriței superioare în timpul matrițării (fig. 8.29).

Amplasarea locaşurilor în matriță se face astfel: la matrițe cu un singur locaş, acesta se aşază în centrul matriței care coincide cu axa maşinii; dacă matrița are mai multe locaşuri, atunci locaşurile pregătitoare se aşază la marginea matriței, pentru a se uşura curățirea de oxizi, iar celelalte se dispun în interiorul matriței în ordinea de desfăşurare a operațiunilor de matrițare. Cîteva exemple de distribuire a locaşurilor în matriță sînt date în tabelul 8.12. Numărul de locaşuri se stabileşte în funcție de complexitatea piesei pentru matrițat în aşa fel încît la o operație să nu se depăşească gradul de reducere admis.

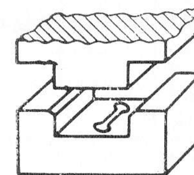


Fig. 8.28. Prag de ghidare al matriței

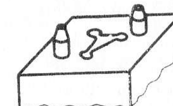


Fig. 8.29. Coloană de ghidare

8.6.1.4. SCULE PENTRU MATRIȚARE. Matrița este scula folosită la refigurarea unui semifabricat prin deformare plastică astfel încît să se obțină o piesă de o anumită formă şi mărime. Principalele tipuri de matriță întîlnite în procesul de matrițare sînt date în STAS 7829-67.

Materiale folosite pentru execuția matrițelor. Materialele pentru matriță prezintă următoarele proprietăți: tenacitate ridicată, limită de curgere mare şi rezistență la şoc; proprietăți termice ridicate; punctele critice de transformare au valori ridicate; nu se oxidează în contact cu materialul cald.

Tabelul 8.12

Distribuirea locașurilor pe matriță

Varianta a 2-a	Distribuirea locașurilor	Locaș I	Locaș II	Locaș III	Locaș IV	Locaș V	Locaș VI	Distribuirea locașurilor	Varianta a 2-a
		Suprafața prin refulare	Finisare						
		Finisare	Cuțit						
		Preliminar	Finisare						
		Preliminar	Finisare	Cuțit					
		Pregătitor tip A	Finisare						
		Pregătitor tip A	Finisare	Cuțit					
		Pregătitor tip A	Preliminar	Finisare					
		Pregătitor tip A	Preliminar	Finisare	Cuțit				
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip A (2-lea)	Finisare					
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip A (2-lea)	Finisare	Cuțit				
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip A (2-lea)	Preliminar	Finisare				
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip A (2-lea)	Preliminar	Finisare	Cuțit			
		Pregătitor tip B	Finisare						
		Pregătitor tip B	Finisare	Cuțit					
		Pregătitor tip B	Preliminar	Finisare					
		Pregătitor tip B	Preliminar	Finisare	Cuțit				
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip B	Finisare					
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip B	Finisare	Cuțit				
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip B	Preliminar	Finisare				
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip B	Preliminar	Finisare	Cuțit			
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip A (2-lea)	Pregătitor tip B	Finisare				
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip A (2-lea)	Pregătitor tip B	Finisare	Cuțit			
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip A (2-lea)	Pregătitor tip B	Preliminar	Finisare			
		Pregătitor tip A	Pregătitor tip A (2-lea)	Pregătitor tip B	Preliminar	Finisare	Cuțit		

Locaș de finisare

Locaș preliminar

Locaș pregătitor tip A de alungire preformare

Locaș pregătitor tip B de îndoire de gîtuire de formare

Cuțit de tăiere

După utilajul de lucru oțelurile pentru matrițe se clasifică în: oțeluri de matrițe pentru ciocane (tabelul 8.13); oțeluri de matrițe pentru prese și mașini de forjat orizontale (tabelul 8.14) oțeluri pentru pastile STAS 3611-66. Oțelurile prezintă stabilitate la cald între 500—550°C și-și mențin duritatea de peste 45 *HRC* la 670—680°C. În afara oțelurilor de mai sus se mai utilizează oțelurile turnate, fontele speciale, carburile metalice.

8.6.1.5. OPERAȚII TEHNOLOGICE SPECIFICE. *Debavurarea* este o operație specifică procedeului de matrițare care constă în înlăturarea bavurii piesei matrițate

(fig. 8.30). Forma poansonului și a plăcii de tăiere corespund conturului piesei. De obicei plăcile de tăiere se execută sub forma unor elemente de inserție care se înlocuiesc după uzură. Materialul pentru confecționarea stanțelor pentru debavurat este același cu cel pentru matrițe normale.

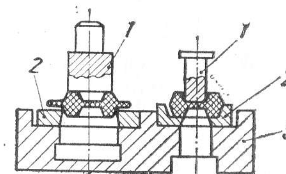


Fig. 8.30. Ștanța de debavurare combinată:
1 — poanson; 2 — placă de tăiere; 3 — matriță

Îndreptarea se execută la rece sau la cald după o operație prealabilă de normalizare sau recoacere.

Calibrarea are drept scop asigurarea unor dimensiuni precise pentru piesa matrițată. Calibrarea este de suprafață (executată la rece) asigură toleranțe de 0,08—0,25 mm) și de volum executată în matrițe închise și cu preîncălzirea piesei.

Clasificarea defectelor pieselor matrițate este reglementată prin STAS 6092-66.

8.6.2. MATRIȚAREA PE MAȘINI ORIZONTALE

8.6.2.1. CONSIDERAȚII ASUPRA PROCEDEULUI. Matrițarea pe MFO (mașini de forjat orizontale) permite matrițarea din semifabricate simple a pieselor pline sau goale, de configurație simplă sau complexă la care partea deformată este scurtă și de secțiune mult mai mare decît secțiunea semifabricatului inițial. Configurația pieselor ce se matrițează este reprezentată în fig. 8.31. Procedeul cuprinde patru faze importante (fig. 8.32).

În prima fază semifabricatul se introduce în matriță pînă atinge opritorul 1. În faza a doua are loc strîngerea semifabricatului și începutul refulării. Urmează faza a treia de refulare completă. În faza a patra semimatrița mobilă coboară și piesa este scoasă afară. În cazul pieselor inelare se prevede un dispozitiv de tăiere astfel încît dintr-un semifabricat de lungime nedefinită se matrițează un număr mare de piese.

Avantajele procedeului: productivitate mare (între 400—1 000 piese/h); posibilitatea de matrițare a unor piese a căror formă nu permite matrițarea la alte utilaje; obținerea unor piese de dimensiuni apropiate cu cele finite datorită matrițării fără bavură și a unor înclinații mici de matrițare: adaosurile de prelucrare și toleranțele de matrițare sînt mici.

Forța necesară matrițării

$$F = (1{,}20\ldots1{,}25)kA_p\sigma_d \ [\mathrm{daN}], \qquad (8.31)$$

unde: k este coeficient determinat cu ajutorul graficelor din fig. 8.33; A_p — aria piesei în planul de separare dintre matriță și poanson, mm²; σ_d — rezistența la deformare a materialului pentru temperatura de lucru, daN/mm².

Tabelul 8.13

Caracteristicile unor oțeluri de matrițe pentru ciocane

Marca	Clasa oțelului	Norme	Compoziția chimică medie %								
			C	Mn	Si	Cr	Ni	W	V	Mo	Alte
C45W3	Carbon	VDEh 1730 RFG	0,45	0,70	0,35	—	—	—	—	—	—
O.K.	Cr-W	Jessop-Saville Anglia	0,47	0,4	0,4	1,5	—	2,25	0,2	—	—
60MnSi4	Mn-Si	VDEh 2826 RFG	0,6	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—
MoCN15	Ni-Cr-Mo	STAS 3611–66 RSR	0,55	0,65	max 0,4	0,65	1,45	—	—	0,22	—
5HNV	Ni-Cr-W	GOST 5950–51 URSS	0,55	0,65	0,25	0,65	1,6	0,5	—	—	—
HNT	Ni-Cr-Ti	GOST 5950–51 URSS	0,55	0,65	max. 0,35	1,1	1,6	—	—	—	Ti 0,12
MoCM14	Cr-Mn-Mo	STAS 3611-66 RSR	0,55	1,4	0,4	0,45	—	—	—	0,22	—
55NiCrMoV6	Ni-Cr-Mo-V	VDEh 2813 RFG	0,55	0,6	0,25	0,70	1,7	—	1,0	0,2	—
56NiCrMoV7	Ni-Cr-Mo-V	VDEh 2714 RFG	0,56	0,6	0,25	1,00	1,7	—	0,10	0,45	—
57NiCrMoV77	Ni-Cr-Mo-V	VDEh 2744 RFG	0,55	0,7	0,25	1,00	1,7	—	0,10	0,8	—

Interval de forjare °C	Duritatea după revenire (la temperatura, °C), daN/mm²									Utilizare	Echivalenți
	300	350	400	450	500	550	600	650	700		
1100—850	—	150	130	120	110	90	—	—	—	Matrițe mici cu gravură plată	19023 RSC NAZ RPP
1100—850	—	—	—	165	160	145	130	115	100	Matrițe mici, cuțite pentru debavurări la rece	
1100—900	190	185	165	155	145	135	—	—	—	Matrițe mijlocii ptr. ciocane și prese rapide, debavurare	54 SAE/AISI SUA
1150—850	—	—	—	—	150	135	120	—	—	Matrițe mari solicitate puternic	40 NCDV-06-02 Franța
1180—850	—	—	—	172	135	130	120	—	—	Blocuri mici și mijlocii Elemente de matrițe MFO	
1180—850	—	—	—	170	135	130	120	—	—	Poansoane	
1150—850	—	—	—	—	150	140	130	—	—	Matrițe solicitate mediu	HGM-URSS
1050—850	—	—	160	150	140	130	120	105	—	Matrițe puternic solicitate	5HNM-URSS N9662-RSC WNL-RPP
1050—850	—	—	165	160	150	140	130	110	—	Matrițe foarte solicitate, gravuri adînci pentru oțel și neferoase	N9663-CSR U52 ND65-Italia
1050—850	—	185	175	170	160	150	140	120	—	Inserții ptr. matrițe foarte puternic solicitate	

Marca	Clasa oțelului	Norma	Analiza chimică medie %							
			C	Mn	Si	Cr	Ni	W	V	Mo
VSCW20	W-Cr	STAS 3611-66 RSR	0,5	max. 0,4	0,65	1,15	—	2,25	0,22	—
VSCW45	W-Cr	Idem	0,3	max. 0,4	0,75	1,15	—	4,5	0,22	—
VCW85	W-Cr	Idem	0,35	max. 0,4	max. 0,3	2,35	—	8,25	0,35	—
4HV25	W-Cr-Si	GOST 5950-51 URSS	0,4	0,3	0,75	1,15	—	max. 0,3	2,25	—
38SiCrV8	Cr-Si	VDEh 224 RFG	0,38	0,4	1,3	1,3	—	—	0,10	—
H12	W-Cr-Si Mo	SAE/AISI SUA	0,4	max. 0,35	1	5	—	1,25	0,25	1,5
45CrMoW58	Cr-V-Si W	VDEh 2603 RFG	0,45	0,9	0,6	2,0	—	0,5	0,8	0,5
X45NiCrMo4	Ni-Cr-W	VDEh 2767 RFG	0,4	0,5	0,25	1,3	4	0,5	—	0,2

Tabelul 8.14

Caracteristicile unor oțeluri de matrițe pentru prese și mașini de forjat orizontale

Interval de forjare °C	Duritatea după revenire (la temperatura, °C), daN/mm²										Utilizare	Echivalenți
	300	350	400	450	500	550	600	650	670	700		
1100—850	—	—	180	170	160	150	130	120	110	100	Matrițe, ștanțe, poansoane, dornuri, pastile	45WCrV7/ VDEh 2542—440 W20 Italia
1100—850	—	—	—	—	165	155	150	140	128	110	Înlocuitor W 85 la solicitări mai reduse, pastile ptr. șuruburi, neferoase etc.	X30WCrV41/ VDEh 2564 WWS Polonia
1100—900	—	—	—	—	180	180	175	160	140	120	Matrițe pentru MFO supape electrorefulate etc.	30WCo9-03/ AFNOR Franța
1050—850	—	—	—	165	160	145	130	115	110	100	Dornuri, cuțite răcite cu apă	35 WCrV/ VDEh-2541
1050—850	180	170	165	160	150	140	125	110	—	—	Suporți de matrițe, foarte solicitate pentru perforare la cald etc.	44HS-GOST
1100—850	—	—	—	—	—	190	170	125	110	100	Matrițe foarte solicitate ptr. prese rapide	X37 CrMoW 51/VDEh 2606
1050—850	—	—	—	—	180	175	170	155	125	100	Matrițe pentru prese rapide	
1050—850	—	170	165	155	145	140	130	120	—	—	Matrițe pentru piese cu profile complicate	35NCD 14—06/ AFNOR Franța

1 Piese forjate lungi cu tije	11 Deformarea unei porțiuni							
Piese forjate din semifabricate debitate la lungime	12 Deformarea mai multor porțiuni							
		Axial, plin		Excentric plin				
		Rotund	Alte secțiuni	Diferite secțiuni	Îndoit	Perforat	Plin	Excentric
2 Piese forjate fără tije	21 Deformarea unei porțiuni							
Piese forjate din bară sau semifabricate debitate	22 Deformarea mai multor porțiuni							
		Rotund / Plin	Alte secțiuni	Nepătruns	Perforat / Pătruns	Pătruns / Strîns	Plin	Perforat

Fig. 8.31. Posibilități de matrițare pe mașinile de forjat orizontale

În mărimea proiecției suprafeței de refulare este trecută și bavura pentru piese la care aceasta nu se poate evita. Forța mașinii variază după o curbă descendentă (fig. 8.34). Mărimea cursei active a poansonului se alege în așa fel încît forța de deformare să fie sub cursă.

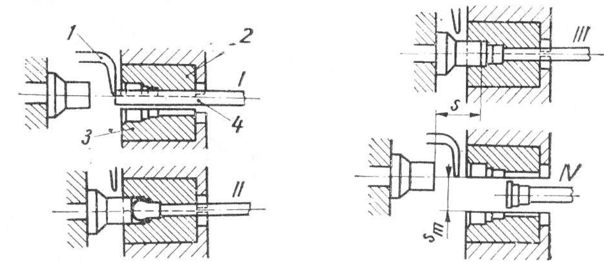


Fig. 8.32. Fazele procesului de matrițare (refulare) la mașinile de forjat orizontale:

1 — opritori; 2 — matriță fixă; 3 — matriță mobilă; 4 — semiabricat; s — cursa poansonului; s_m —deschiderea matriței; I, II, III, IV — fazele de lucru

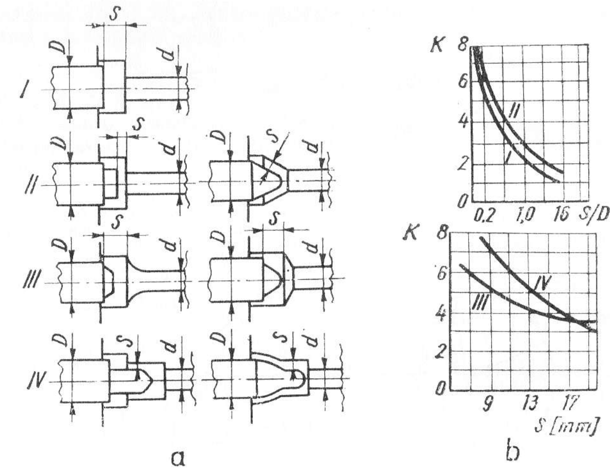


Fig. 8.33. Schema (*a*) și grafice (*b*) pentru stabilirea coeficientului K.

Pentru determinarea rapidă a eforturilor de refulare în funcție de complexitatea piesei se întrebuințează nomograma din fig. 8.35.

8.6.2.2. UTILAJ PENTRU MATRIȚARE PE MFO. Utilajul are puteri foarte mari (500—30 000 kN) pentru un diametru al semifabricatelor de 25—225 mm și lungimi ale cursei de 80—400 mm. Numărul curselor variază între 15—80 curse/min. Principiul de lucru al mașinilor este reprezentat în fig. 8.36.

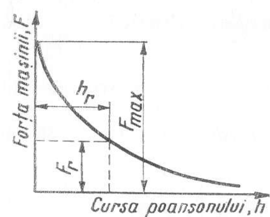
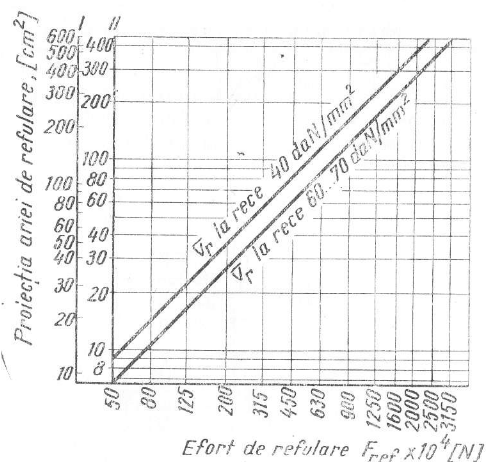


Fig. 8.34. Variația forței mașinii de forjat orizontal cu cursa poansonului



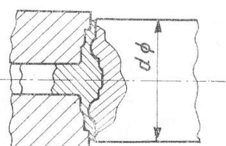


Fig. 8.35. Nomogramă pentru determinarea efortului necesar la refularea pe mașini de forjat orizontale:

I — piese cu configurație simplă (roți, volanți, inele); *II* — piese cu configuratie complexă

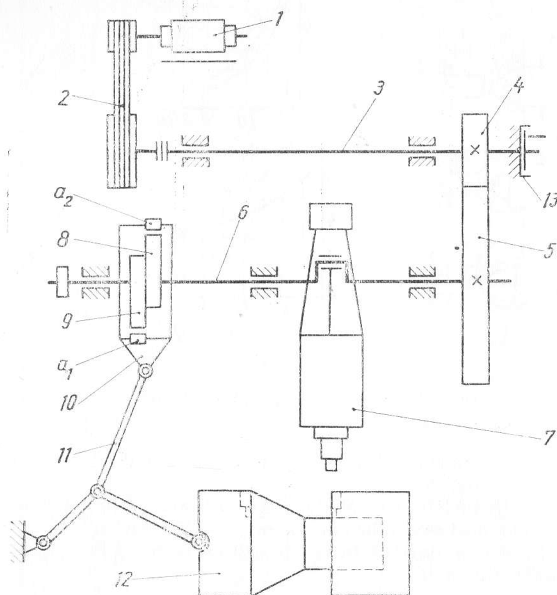


Fig. 8.36. Schema cinematică a mașinii de forjat orizontal:

1 — motor electric; *2* — curele de transmisie; *3* — arbore intermediar; *4,5* — roți dințate; *6* — arbore principal; *7* — berbec; *8, 9* — sistem cu came; *10* — sanie laterală; *11* — sistem de pîrghie; *12* — semimatriță mobilă; *13* — frînă; a_1 și a_2 — role

8.6.2.3. SCULE PENTRU DEFORMARE. Matrița cuprinde următoarele părți: **Zona de strîngere** (fig. 8.37). Lungimea porțiunii de strîngere l se calculează cu relația $l \geqslant 2{,}5\, d_{si} + 50$ mm în care d_{si} este diametrul semifabricatului inițial.

Pentru semifabricate laminate diametrul orificiului de strîngere este $d_{si} + 2\,\Delta$, unde Δ este abaterea de la cota nominală a laminatului. Pentru bare profilate diametrul

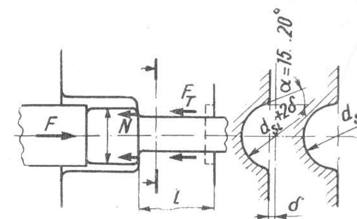


Fig. 8.37. Zona de strîngere a matriței

orificiului se ia egal cu diametrul semifabricatului inițial în stare rece. Suprafața rugoasă a orificiului ca și dilatarea materialului în cazul deformării la cald va asigura strîngerea necesară.

Zona de refulare (fig. 8.38). Pentru ghidarea corespunzătoare a poansonului se recomandă respectarea următoarei relații:

$$l_{cm} \geqslant l - l_{cp} + 3a \qquad \text{[mm]}, \tag{8.32}$$

în care: l_{cm} este adîncimea cavității matriței, mm; l_{cp} — adîncimea cavității poansonului; l — lungimea porțiunii de bară supusă refulării; $a = 2 \ldots 5$ mm — lățimea dega-

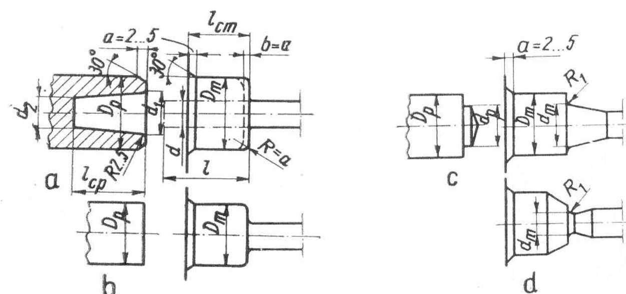


Fig. 8.38. Zona de refulare a matriței

jării la matriță și poanson precum și jocul lăsat la sfîrșitul cursei între fața poansonului și fundul cavității matriței.

Diametrul matriței și poansonului în zona de ghidare

$$D_m \geqslant 1{,}5\, d + 12 \text{ mm}; \qquad D_p = D_m + 2j \tag{8.33}$$

Jocul $2j$ între D_p și D_m se calculează cu relația:

$$2j = \frac{d_{s\,max}}{250} + (0,3\ldots0,5) \quad [\text{mm}]. \qquad (8.34)$$

Se recomandă: $d_2 = (1,02\ldots1,05)d$; $d_1 = (1,25\ldots1,5)d$; $R_1 \leqslant 1$ mm.

Zona de perforare (fig. 8.39). Dacă d_0 este diametrul găurii, atunci diametrul poansonului se ia $D_p = 1,01\, d_0$ mm. Poansonul este mai întîi ghidat într-un orificiu care are următoarele dimensiuni:

$$D_g = 1,005\, D_p \text{ și } l \leqslant 0,2\, D_p + 10 \text{ mm}.$$

Dimensiunile cavității matriței care cuprinde piesa deformată (secțiunea A,B) sînt: $D = 1,015\, D_0 + \Delta$; $l_m = l_p + (5\ldots8)$, în mm, unde: D_0 este diametrul piesei forjate; l_p — lungimea piesei forjate; D — diametrul matriței; l_m — lungimea matriței; Δ — toleranța pozitivă la forjare (STAS 1299-66); $a = 0,04\, D_0 + 2$ mm. Pentru ca perforarea să se facă corespunzător bara este mai întîi gîtuită la valoarea $d_s = 1,015\, d_0 + 0,3$ mm pe lungimea $l_g = 0,04\, D_0 + 2$ mm.

Ghidarea barei se face într-un inel de ghidare cu diametrul $d_g = 1,03\, d + 2$ mm.

Zona de gîtuire (fig. 8.40). Are ca scop aducerea materialului la o dimensiune apropiată de cea a orificiului perforat atunci cînd bara care se perforează are diametru mai

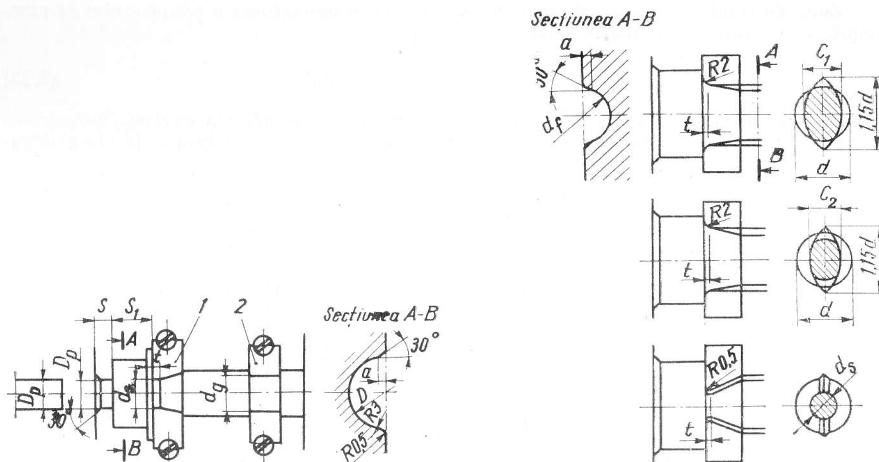


Fig. 8.39. Zona de perforare a matriței

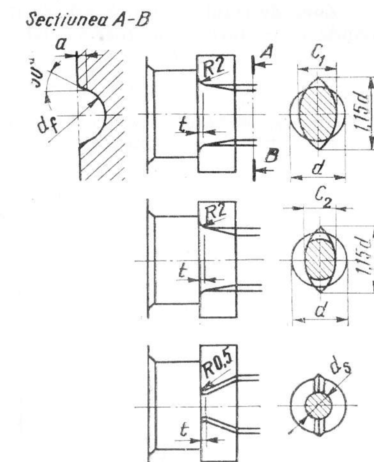


Fig. 8.40. Zona de gîtuire a matriței

mare decît al orificiului. Gîtuirea se execută de obicei în mai multe faze. Pentru bare cu diametrul $d < 80$ mm, reducerea se face la valoarea $d_s \geqslant 0,6\, d$ iar pentru $d > 80$ mm — la valoarea $d_s \geqslant 0,7\, d$. La gîtuirea în trei cavități, axa mică a elipsei devine: $c_1 = (0,7\ldots0,8)\, d$, după prima fază și după o rotire cu 90° și $c_2 = (0,58\ldots0,68)d$, după a doua fază. În ultima fază de matrițare, $d_1 = (0,6\ldots0,7)d$. Grosimea bucșei de gîtuire este $l_g = 0,04\, d + 2$ mm, iar teșirea în planul de separație $a = 0,08\, d + 2$ mm. Pentru

economisirea materialelor folosite la inele gîtuirea se face cu ajutorul unor bucșe demontabile. Forma bucșelor de gîtuire este dată în fig. 8.41.

Zona de tăiere (fig. 8.42). Pentru $d \leqslant 30$ mm tăierea se face într-o singură fază, iar pentru $d \geqslant 30$ mm tăierea se face în două sau mai multe faze. Tăierea se execută

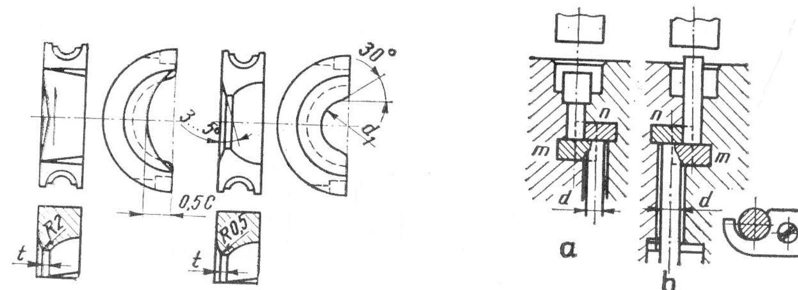


Fig. 8.41. Forma bucșelor de gîtuire-bucșă pregătitoare, bucșă finală

Fig. 8.42. Schema tăierii unui semifabricat din bară în 2 variante:

a — bara se deplasează în cursul tăierii spre dreapta; *b* — piesa tăiată se deplasează spre dreapta, bara rămînînd pe loc

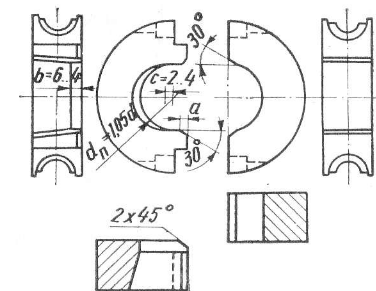


Fig. 8.43. Bucșe de tăiere

cu ajutorul a două bucșe de sprijin n și m sub forma unui cuțit semicircular care apasă pe bară pînă la închiderea matriței cînd are loc tăierea barei. Forma bucșelor de tăiere se dă în fig. 8.43.

8.6.2.4. PROCESUL TEHNOLOGIC. PROBLEME SPECIFICE. La proiectarea procesului tehnologic se ține seamă de următoarele: numărul fazelor de deformare să fie mic (5—6); refulările se prevăd a fi executate în poanson pentru evitarea formării bavurilor ce s-ar putea imprima în piesă; se evită curgerile masive de material; bavurile se

aşează în locuri uşor accesibile pentru a putea fi îndepărtate; piesele trebuie să aibă dimensiuni cît mai apropiate de semifabricatele standardizate.

Înclinaţiile de matriţare şi razele de racordare pentru piesele matriţate (fig. 8.44) se stabilesc în funcţie de mărimile caracteristice ale pieselor (tabelul 8.15).

Condiţiile refulării la o singură trecere depind de tipul refulării şi sînt cuprinse în tabelul 8.16.

Dacă matriţarea se face pe mai multe porţiuni atunci se execută un număr de treceri egal sau mai mare cu numărul de porţiuni ce trebuiesc refulate (fig. 8.45).

Fig. 8.44. Înclinaţiile de matriţare şi razele de racordare pentru piesele matriţate pe maşini de forjat orizontal.

Fig. 8.45. Refularea în mai multe treceri la maşinile de forjat orizontal.

Fig. 8.46. Schema execuţiei mai multor refulări la o singură trecere pe maşina de forjat orizantal

Pentru execuţia mai multor refulări la o singură trecere se folosesc matriţe cu pastile ghidate (fig. 8.46).

Pentru piesele tubulare găurirea se execută odată cu operaţia de refulare. În cazul găurilor prea mari găurirea se execută în trepte.

Tabelul 8.15

Înclinaţiile utilizate la matriţarea pe maşini de forjat orizontale

	Înclinaţii exterioare pe porţiuni obţinute în matriţă									
Δ[mm]	pînă la 10	10 ... 30	30 ... 35	50 ... 80	peste 80					
α_1	1°	3°	5°	7°	10°					
	Înclinaţii exterioare pe porţiuni obţinute în poanson									
$\frac{H_1}{D_1}$	pînă la 0,3	0,3 ... 1,3	1,3 ... 2,3	2,3 ... 3,3	peste 3,3					
α_2	0	15′	30′	45′	1°					
	Înclinaţii interioare									
$\frac{h_1}{d_1}, \frac{h_2}{d_2}$	0,5	0,5–1,5	1,5–2,5	2,5–3,5	3,5–4,5	4,5–5,5	5,5–6,5	6,5–7,5	7,5–8,5	8,5–9,5
α_3	0	15′	30′	45′	1°	1°15′	1°30′	1°45′	2°	2°15′

Tabelul 8.16

Condiţiile refulării materialului la o singură trecere în funcţie de tipul refulării

Tipul refulării	Schema refulării	Condiţiile refulării
Deschisă		$\frac{l}{d} \leqslant 3$ Valoarea maximă se adoptă în cazul în care se asigură o centrare foarte bună
Închisă	a. Locaş în matriţă sau în poanson de formă cilindrică Poanson, Matriţă	Dacă $\frac{l}{d} > 3$ atunci pentru: $d_1 = (1{,}25...1{,}5)d$; $l' \leqslant d$ $d_1 \leqslant 1{,}25d$ $l' \leqslant 1{,}5\,d$ Pentru limite în afara celor de mai sus refularea se face în mai multe treceri
	b. Locaş în matriţă sau în poanson de formă conică	Dacă $\frac{l}{d} > 3$ atunci pentru: $d_1 = (1{,}25...1{,}5)d$; $l' \leqslant 2d$ $d_1 \leqslant 1{,}25\ d$ $l' \leqslant 3d$ $d_2 = (1{,}02...1{,}05)d$ $l_c = \frac{3ld^2}{d_1^2 + d_2^2 + d_1 \cdot d_2} \geqslant 0{,}5l$ Pentru limite în afara celor de mai sus refularea se face în mai multe treceri

8.6.3. MATRIŢAREA PRIN EXTRUDARE A MATERIALELOR METALICE

8.6.3.1. DEFINIŢIE ŞI CLASIFICARE. Extrudarea este procedeul de prelucrare prin deformare plastică care constă în presarea materialului într-o matriţă cu trecerea lui forţată prin orificiul acesteia, de secţiune transversală mai mică decît cea a semifabricatului iniţial (fig. 8.47). Semifabricatul *4* sub acţiunea poansonului *1* şi a presşaibei *3*,

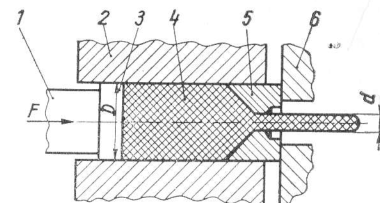


Fig. 8.47. Schema extrudării:
1 — poanson; *2* — container; *3* — presşaibă; *4* — semifabricat; *5* — matriţă; *6* — suport

acţionate de o forţă F este obligat să treacă prin orificiul matriţei *5* luînd forma acestuia.

Clasificarea procedeului de extrudare se face după sensul de curgere al materialului în raport cu sensul forţei de lucru (tabelul 8.17). După temperatura de lucru extrudarea are loc la cald sau la rece.

Extrudarea se foloseşte pentru obţinerea de piese sau profile cu secţiune plină sau tubulară de mărime constantă sau variabilă. Semifabricatele utilizate sînt de forma unor pastile pline a căror suprafaţă este egală cu secţiunea transversală a containerului. În cazul extrudării directe a pieselor tubulare semifabricatele sînt găurite în prealabil corespunzător diametrului exterior al dornului de lucru.

8.6.3.2. CONSIDERAŢII ASUPRA PROCEDEULUI. Deformarea metalului în volumul semifabricatului este neuniformă. Schema stării de tensiune în semifabricat şi distribuţia presiunilor pe suprafaţa lui de extrudare rezultă din fig. 8.48.

Asupra curgerii materialului şi a neuniformităţii deformaţiei influenţează următorii factori: unghiul de înclinare al orificiului matriţei (fig. 8.49), unghiul $\alpha = 45 \ldots 65°$,

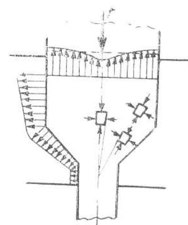


Fig. 8.48. Schema stării de tensiune în semifabricat şi distribuţia presiunilor pe suprafaţa lui la extrudarea directă.

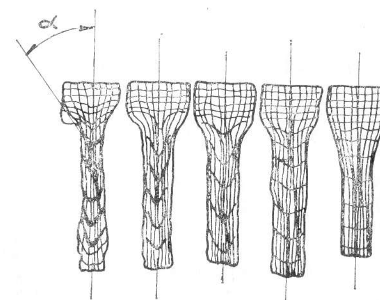


Fig. 8.49. Influenţa conicităţii matriţei asupra uniformităţii curgerii materialului la extrudarea directă.

Tabelul 8.17

Clasificarea procedeului de extrudare

Criteriul de clasificare		Schiţa pentru	
După sensul de deplasare a materialului în raport cu sensul forţei de deformare	După natura forţei de presare	Profile pline	Profile tubulare
1	2	3	4
Directă	mecanică		
	hidraulică (hidrostatică)		
	explozie		

Tabelul 8.17 (continuare)

1	2	3	4
Indirectă	Mecanică		
Mixtă	Mecanică		
Laterală	Mecanică		

valorile mai mici alegîndu-se pentru materialele cu plasticitate redusă; diferenţa de temperatură dintre sculă şi materialul ce se extrudează; forţele de frecare exterioare.

Indiferent de restul condiţiilor de lucru neuniformitatea deformaţiei este cu atît mai pronunţată cu cît forţele de frecare exterioară sînt mai mari. Reducerea lor se face prin ungerea semifabricatelor înainte de deformare.

Principalele tipuri de piese ce se pot extruda sînt date în tabelul 8.18. Toleranţele impuse depind de forma şi mărimea piesei ce se extrudează şi variază între 0,1—0,3 mm pentru toate dimensiunile în afara lungimii piesei finite la care toleranţele admise sînt cuprinse între $\pm$ 1,5 . . . $\pm$ 2 mm.

Precizia pieselor extrudate depinde de: matriţă (toleranţele executării, starea de uzură, deformarea elastică a ei etc.); utilajul de lucru (construcţie, rigiditate, precizia ghidajelor etc.); semifabricat (variaţiile de rezistenţă a materialului, jocul la aşezarea în matriţă etc.).

La materialele care se prelucrează prin extrudere se recomandă ca valoarea presiuni de deformare să fie $p \leqslant 250$ daN/mm^2; valoarea rezistenţei la rupere pentru materialul

Grupa	Forma pieselor	Tipul pieselor
I		Piese pline cu capete diferite
II		Piese pline cu tija în trepte
III		Combinaţii ale caracteristicilor din gr. I şi II
IV		Piese tubulare şi forme de cupă cu pereţi groşi sau subţiri
V		Piese cave cu pereţi etajaţi
VI		Combinaţii ale caracteristicilor din gr. IV şi V

utilizat să fie $\sigma_r \leqslant 50$ daN/mm²; raportul $\frac{p}{\sigma_r} = 5 \ldots 7$ pentru extrudarea la rece şi mai mic pentru extrudarea la cald.

Calculul forţelor de extrudare. Valoarea forţei de extrudare este influenţată de: rezistenţa la deformare a materialului; gradul de reducere pentru o singură cursă; valoarea forţelor de frecare; tipul extrudării; complexitatea piesei; forma şi dimensiunile semifabricatului iniţial.

Relaţia generală pentru calculul forţelor de extrudare este

$$F = pA \qquad \text{[daN]}, \tag{8.35}$$

în care: p este presiunea la deformare a materialului, daN/mm² (tabelul 8.19); A — aria transversală a părţii active a poansonului, mm².

Utilajul utilizat pentru extrudare trebuie să îndeplinească următoarele condiţii: forţa nominală trebuie să fie eficace pe o distanţă mare înainte de punctul mort inferior, iar aria capacităţii de lucru mecanic să fie cît mai mare (fig. 8.50); maşinile să fie rigide şi să nu prezinte nici un semn de arcuire între masă şi berbec chiar la încărcări excentrice; ghidajele berbecului să fie lungi; ambreiajul şi frîna să asigure funcţionarea perfectă şi rapidă a ansamblului sculei şi dispozitivului de alimentare, posibilitatea maximă de reglaj şi o distanţă mică de frînare; presele mecanice trebuie să aibă motoarele, angrenajele, volanele şi frînele mai mari ca la cele clasice, iar presele hidraulice se concep în aşa fel încît să menţină presiunea de vîrf pe durata întregului ciclu de extrudat; utilajele se prevăd cu dispozitive de aruncare care să funcţioneze sincron cu restul mişcărilor; numărul de curse trebuie să fie mai mare pentru a se asigura o utilizare economică a maşinii.

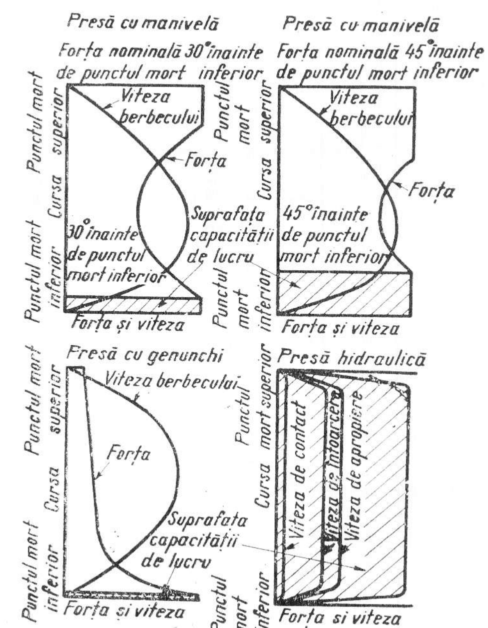


Fig. 8.50. Mărimea suprafeţei capacităţii de lucru pentru diferite prese.

Scule pentru extrudare. Forma generală a unei scule pentru extrudare se dă în fig. 8.51. Principalele părţi componente sînt matriţa şi poansonul.

Forma generală a matriţelor pentru extrudare directă şi inversă se dă în fig. 8.52. O matriţă pentru extrudare cuprinde trei părţi principale: conul de deformare; cilindrul de calibrare; conul de ieşire. Principalele dimensiuni ale matriţelor sînt date în tabelul 8.20.

Tabelul 8.19

Valoarea presiunii specifice p, daN/mm²

Felul extrudării	Presiunea specifică p [daN/mm²]			
	Al	Cu	Am	OL
Directă	40...60	80...100	100...130	170...220
Inversă	80...120	150...200	200...250	220...280

Tabelul 8.20

Dimensiunile principale ale matriţelor pentru extrudarea directă

Schiţa matriţei	d [mm]	d_1 [mm]	$2\alpha°$		R [mm]	R_1 [mm]	h [mm]
			Zn, Cu, Al	Alamă, oţel			
	pînă la 5	d + 1	150...180	120...150	0,25	0,1	1,0
	5...10	d + 1,5	150...180	120...150	0,5	0,2	1,5
	10...30	d + 2	150...180	120...150	1,0	0,5	2,0
	30...50	d + 2	140...160	120...140	1,5	0,5	3,0
	peste 50	d + 3	140...160	140	2,0	1,0	4,0

Clasificarea principalelor tipuri de matriţe se dă în tabelul 8.21.

Alegerea formei constructive a matriţei depinde de configuraţia pieselor ce se extrudează şi de materialul acestora. La piesele mici de configuraţie simplă (fig. 8.53, *a*) matriţa se execută dintr-o singură bucată, iar pentru piesele cu configuraţie complexă

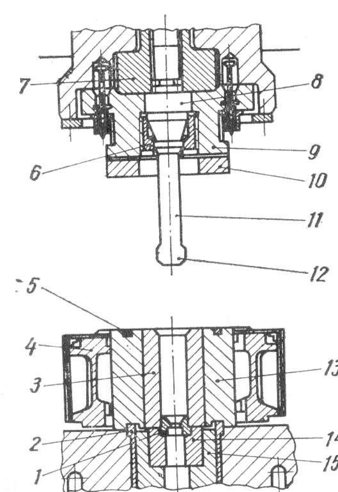


Fig. 8.51. Sculă pentru extrudare:

1 — matriţă; *2* — bucşă de centrare; *3* — manşon de lucru al containerului; *4* — carcasa dispoztivului de încălzit; *5* — găuri de centrare; *6* — inel filetat; *7* — inel de reazem; *8* — placă de reazem; *9* — cap de fixare; *10*— inel; *11* — poanson; *12* — partea activă poansonului; *13*— container; *14* — suportul matriţei; *15* — cap de susţinere a suportului matriţei

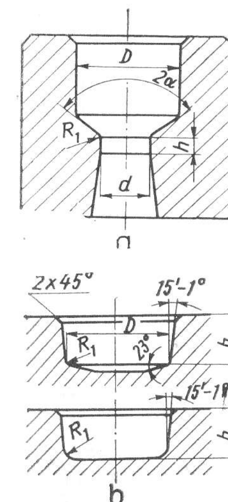


Fig. 8.52. Geometria matriţelor:

a — pentru extrudare directă; *b* — pentru extrudare inversă

matriţa se execută din două părţi: containerul şi matriţa propriuzisă care joacă rol de calibrare (fig. 8. 53, *b*).

Dimensiunile containerului sînt: $D_0 = d_{si} + (2 \ldots 10)$, mm; $H_0 = h_{si} + (10 \ldots \ldots 30)$ mm. Diametrul exterior al containerului

$$D = CD_0 \cdot e^{\frac{p_l}{\sigma_c}} \qquad \text{[mm]}, \qquad (8.36)$$

în care: p este presiunea laterală în container; σ_c — limita de curgere a materialului matriţei; $C = 1{,}2 \ldots 1{,}3$ — coeficient de siguranţă.

Pentru solicitări foarte mari ($p > 250$ daN/mm²), în cazul materialelor cu plasticitate mică, containerul se execută din mai multe inele fretate (fig. 8.54). Dimensiunile orificiului se prezintă în tabelul 8.20, iar pentru diametrele exterioare se recomandă valorile: $D_1 = (1{,}8 \ldots 2)\ D_0$ şi $D_2 = (2 \ldots 2{,}5)D_1$.

Tabelul 8.21

Tipuri de matriţă pentru extrudare

Tipul de extrudare	Matriţa	Schiţa matriţei	Caracteristici generale
Directă	Conică		$D = (1{,}5...2)D_0$; $H = 20...80$ mm Înălţimea h se poate mări la $h = 5...10$ mm pentru materiale greu deformabile pentru a împiedica uzura prematură a matriţei.
Directă	Plană dintr-o singură bucată		$H = 20...80$ mm; $2\alpha = 180°$; $D = 2d$; $R = 2..3$ mm Matriţa se utilizează pentru materiale cu plasticitate ridicată.
Directă	Plană cu pastilă detaşabilă din material dur		$H = 20...80$ mm; $h = h_1 = 1/2\ H$; $2\alpha = 180°$; $D = (1{,}8...2)d$; $D_1 = 2D$
Directă	Plan-conică		$H = 20...80$ mm; $D = 2d$.
Directă	Cu conicitate dublă		$H = 20...80$ mm; $2\alpha_1 = 50...90°$; $h = h_2$. Se întrebuinţează pentru materialele cu plasticitate mică sau pentru grade mari de deformare
Directă	Radială		$H = 20...80$ mm; $R = \frac{D - d}{2}$; $D = f(\alpha)$; $D_1 = (1{,}8...2)D$.
Inversă	Cu fundul drept (dintr-o bucată)		$R = 1...2$ mm; $h \leqslant 1{,}5\ h_{si}$ (h_{si} – înălţimea semifabricatului iniţial)

Tabelul 8.21 (continuare)

Tipul de extrudare	Matrița	Schița matriței	Caracteristici generale
Inversă	Cu fundul drept (din 2 bucăți)		$R = 1...2$ mm; $h \leqslant 1,5 h_{st}$; $D_1 = (1,8...2)D$
Inversă	Cu fundul conic		$R = 1...2$ mm; $\alpha = 20...25°$; $h \leqslant 1,5\ h_{st}$
Combinată			$D_1 = (1,8...2)D$

Poansonul este format din trei părți (fig. 8.55): dispozitivul de prindere, corpul poansonului şi partea activă.

Partea activă are acelaşi diametru cu corpul poansonului în cazul extrudării directe cînd partea activă are numai rol de presare şi diametru mai mare în cazul extrudării inverse pentru ca frecarea să se facă numai de-alungul înălțimii h. Tipurile cele mai reprezentative de poansoane sînt date în fig. 8.56.

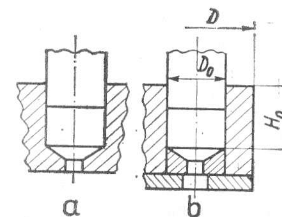


Fig. 8.53. Forme constructive ale matriței

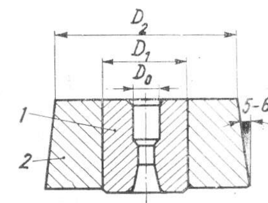


Fig. 8.54. Matriță compusă din două inele fretate

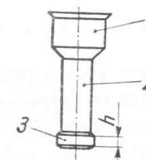


Fig. 8.55. Forma generală a poansonului folosit la extrudare:

1 — dispozitiv de prindere; 2 — corpul poansonului; 3 — partea activă

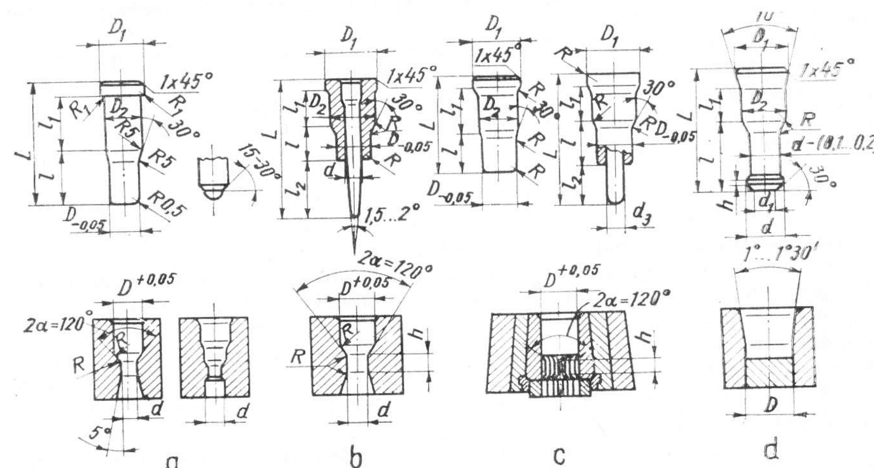


Fig. 8.56. Tipuri de poansoane folosite la extrudare:

a — poanson pentru extrudarea directă a pieselor tip tijă cu sau fără cap; *b* — poanson pentru extrudarea directă a pieselor tubulare; *c* — poanson pentru extrudarea direcă a pieselor profilate (roți dințate); *d*—poanson pentru extrudarea indirectă a pieselor tubulare

Partea activă a unui poanson pentru extrudarea inversă are formele arătate în fig. 8.57.

Dimensiunile caracteristice ale poansoanelor sînt: $R = 1 \ldots 5$ mm; $\frac{l}{D(d)} = 2,5 \ldots 3$, în cazul extrudării oţelurilor şi $\frac{l}{D(d)} \leqslant 6$, în cazul extrudării metalelor

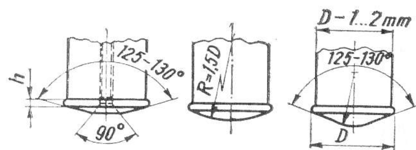


Fig. 8.57. Forma părţii active a poansoanelor pentru extrudare inversă

neferoase. Pentru un diametru D sau d impus, rezultă: $l_1 = (0,5 \ldots 2)D_2$; lungimea l_2 se alege fie conform raportului $\frac{l_2}{d_3} = 2,5 \ldots 3$, fie corespunzător înălţimii semifabricatului iniţial, şi anume $l_2 = (1,5 \ldots 2)h_{si}$; $D_2 = 1,5\,D$, pentru poansoanele utilizate la extrudarea directă şi $D_2 = 1,5\,d$, pentru poansoanele utilizate la extrudarea indirectă; $D_1 = 1,5\,D_2$; înălţimea h a părţii active în cazul extrudării inverse se recomandă a fi $h = 2 \ldots 5$ mm, pentru neferoase şi $h = 2 \ldots 10$ mm, pentru oţel (valorile maxime se recomandă pentru extrudarea la rece sau pentru metale cu plasticitate mică, pentru a preîntîmpina uzura rapidă a părţii active).

Pentru toate părţile active atît la matriţă cît şi la poanson se recomandă o duritate de 60–63 *HRC*. Asupra durabilităţii în exploatare a sculelor mai influenţează: ungerea; viteza de lucru; centrarea sculelor; rigiditatea utilajului de lucru etc.

Pentru extrudarea metalelor neferoase se recomandă folosirea oţelului carbon pentru scule conform STAS 1700-64; pentru extrudarea metalelor feroase se folosesc oţelurile aliate pentru scule conform STAS 3611-66.

8.6.5.3. PROCESUL TEHNOLOGIC DE EXTRUDARE cuprinde următoarele grupe de operaţii: execuţia semifabricatului; pregătirea pentru extrudare; extrudarea; efectuarea operaţiilor suplimentare; controlul tehnic de calitate.

Pentru proiectarea corectă a procesului tehnologic de fabricaţie se recomandă: analiza proprietăţilor mecanice impuse piesei finite corespunzător condiţiilor ei de exploatare (rezistenţă la tracţiune, duritate etc.); alegerea corespunzătoare a materialului şi a eventualelor tratamente termice; alegerea corespunzătoare a toleranţelor de realizare a piesei în aşa fel încît utilajul existent să asigure precizia maximă atît din punct de vedere dimensional, cît şi al calităţii suprafeţei; stabilirea seriei minime pentru care extrudarea devine rentabilă.

Avantajele extrudării: se pot deforma plastic metalele şi aliajele cu plasticitate redusă datorită stării de tensiune de comprimare triaxială; se obţin piese finite cu complexitate ridicată; precizia dimensională şi calitatea suprafeţelor este bună; economiile de material realizate sînt de 25–75%; la extrudarea la rece a oţelului fenomenul de ecruisare permite folosirea materialelor mai ieftine; procedeul se poate aplica la rece şi la cald.

8.6.4. MATRIŢAREA CU VITEZE MARI DE DEFORMARE

Matriţarea cu viteze mari de deformare este o variantă a matriţării clasice la care viteza sculelor de lucru este mult mărită. Astfel, în timp ce la matriţarea pe maşini universale viteza de deplasare a părţilor active nu depăşeşte 7 m/s, la maşinile pentru deformarea cu viteze mari viteza de deplasare a părţilor active este 30–120 m/s pentru instalaţiile mecano-pneumatice şi de 500–1 500 m/s în cazul folosirii substanţelor explosive brizante.

Principalele procedee de matriţare cu viteze mari de deformare sînt: matriţarea mecano-pneumatică; matriţarea hidroelectrică; matriţarea electromagnetică; matriţarea prin explozie.

8.6.4.1. CONSIDERAŢII ASUPRA PROCEDEULUI. Avantaje: piesele de formă complexă se obţin la o singură lovitură a sculelor de lucru; metalul curge cu viteze foarte mari în spaţii înguste umplînd bine locaşul matriţei; toleranţele realizate variază între $\pm$ 0,025 ... $\pm$ 0,125 mm, ceea ce permite eliminarea operaţiilor suplimentare de prelucrare; pierderile de metal sînt minime; piesele sînt omogene din punct de vedere structural şi al proprietăţilor mecanice; preţul de cost al matriţelor este mic; procedeul se pretează şi pentru serii mici; viteza mare de lucru permite reducerea greutăţii maselor în mişcare. Greutatea acestora se calculează cu relaţia

$$G_s = 2k\,\frac{Lg}{v^2} \quad [\mathrm{N}], \tag{8.37}$$

în care: L este lucru mecanic de lovire, J; g — acceleraţia gravitaţională, m/s^2; v — viteza de lovire, m/s; k — raportul între cantităţile de energie cedată de cele două părţi în mişcare $\leqslant 1$.

Datorită timpului scurt de lucru pierderile de căldură ale semifabricatului supus deformării sînt mici şi plasticitatea se menţine la valoarea ei superioară. Solicitarea termică mică măreşte mult durabilitatea sculelor.

Cu creşterea vitezei de deformare, creşte şi rezistenţa la deformare a materialului prezentînd un maxim (datorită ecruisării) după care rezistenţa la deformare se reduce datorită efectului termic al vitezei de deformare.

8.6.4.2. UTILAJ PENTRU MATRIŢAREA CU VITEZE MARI DE DEFORMARE. Principalele tipuri de ciocane utilizate în procesul de deformare se dau în fig. 8.58.

Forţa de deformare se aplică prin şoc iar agentul de lucru (aer sau gaz sub presiune) acţionează direct asupra părţilor active.

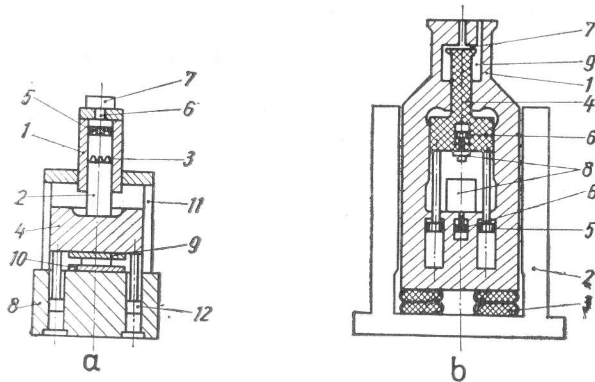
Se folosesc două tipuri de matriţe care depind de forma şi toleranţele impuse piesei:

— matriţe închise (fig. 8.59), în care curgerea metalului este limitată de cavitatea interioară; sînt necesare dimensiuni mai mici pentru semifabricat, iar piesele au o structură mai omogenă, o stabilitate mai mare şi toleranţe restrînse;

— matriţe deschise (fig. 8.60) pentru prelucrarea cu bavură, utilizate pentru piese subţiri cînd curgerea trebuie să fie mai bună.

Matriţele se construiesc divizate din elemente interschimbabile care să poată fi înlocuite la o uzură mai pronunţată. Duritatea părţilor active este 46–48 *HRC*.

Prelucrarea matriţelor se face cu metode clasice sau chiar prin matriţarea cu viteze mari cînd prin aplicarea unei lovituri de către poanson se obţine urma dorită.



c

Fig. 8.58. Mașini pentru matrițare cu viteze mari:

a — ciocan acționat cu pulbere: *1* — cilindru; *2* — piston; *3* — dopuri conice; *4* — berbec; *5* — perete cu orificiu; *6* — cameră de ardere; *7* — capac; *8* — plăci de bază; *9* — matriță superioară; *10* — matriță inferioară; *11* — tiranți; *12* — cilindru de reducere; *b* — ciocan mecanopneumatic (Dynapak): *1* — cadru liber; *2* — cadru de reazem; *3* — suspensia pneumatică; *4* — piston de lucru; *5* — cilindru de ridicare; *6* — extractoare; *7* — garnitură inelară; *8* — semimatriță; *9* — cilindru de lucru; *c* — ciocan acționat cu azot sub presiune (Hermes): *1* — batiu; *2* — berbec superior; *3* — berbec inferior; *4* — piston de lucru; *5* — piston liber; *6* — cilindru de lucru; *7* — conductă de ulei; *8* — conductă de gaze; *9* — cameră; *10* — cilindru de amortizare; *11* — cilindru de echilibrare

8.6.4.3. PROCESUL TEHNOLOGIC. PROBLEME SPECIFICE. Semifabricatele se debitează prin tăiere cu ferăstrăul sau prin așchiere la strung, pentru a se asigura suprafețe paralele perpendiculare pe axa lui; încălzirea semifabricatelor se face cu 60—80°

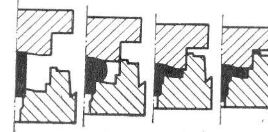


Fig. 8.59. Matriță închisă

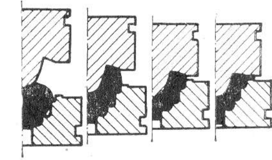


Fig. 8.60. Matriță deschisă

sub temperatura de deformare pentru a compensa creșterea temperaturii datorită efectului termic al vitezei de deformare. Încălzirea se face fără oxidare; pentru ungere se utilizează oxizi de plumb, acoperiri cu cupru sau acoperiri ceramice speciale, soluții pe bază de silicați plus 10% mică, bisulfură de molibden etc.

BIBLIOGRAFIE

1. BRIUHANOV, A.N. *Kovka i obemnaia stampovka.* Moscova, Mașghiz, 1960.
2. CIJIKOV, M. IU. *Procedee de deformare plastică a oțelurilor aliate și a aliajelor neferoase speciale.* București, Editura tehnică, 1969.
3. CHIRIȚĂ, V.I. ș.a. *Matrițarea la cald a metalelor.* București, Editura tehnică, 1968.
4. DRĂGAN, I. *Tehnologia forjării și matrițării.* Vol. I și II. București, Editura didactică și pedagogică, 1963.
5. EKIMOV, K.K. *Mecanizarea și automatizarea forjării și matrițării.* București, Editura tehnică, 1962.
6. FAVORSKII, V.E. *Holodnaia stampovka vîdavlivaniem.* Moscova, Mașinostroienie, 1966.
7. FILIMONOV, I.F. ȘI POZNIAK, L.A. *Stam povka pressovaniem.* Moscova, Mașinostroienie 1964.
8. GELEJI, A. *Walzwerksund Schmiedemaschinen.* Berlin, VEB Techinik Verlag, 1961.
9. GEUTSCH, H. *Hochleistumgumforming.* Düsseldorf, 1962.
10. GHIZDAVU, V. *Prelucrarea metalelor cu puteri și viteze mari.* București, Editura tehnică, 1967.
11. GUBKIN, S.I. *Plasticeskaia deormația metallov.* Vol. I, II, III Moscova, Metallurgizdat, 1960.
12. HAMBURGER, L. *Forjarea la cald în matrițe.* București, Editura tehnică, 1965.
13. HOUDREMONT, E. *Handbuch der Sonderstahlkunde.* Berlin, Springer Verlag, 1956.
14. IVANOV, A.P. *Modernizația kuznecino ștampo vocinovo oburudovania.* Moscova—Leningrad, Mașghiz, 1963.
15. JOLOBOV, V.V. ș.a. *Instrument dlia goreacevo pressovania metallov,* Moscova, Mașinostroienie, 1965.
16. KORNEEV, N.I. ș.a. SKUGAREV, I.I. *Osnovî fizikohimiceskoi teorii obrabotki metallov davleniem.* Moscova, Metallurgizdat, 1960.
17. KRIVADIN, V.A. ș.a. *Cuptoare metalurgice.* București, Editura tehnică, 1963.
18. LANGE, K. *Gesenkschmieden von Stahl,* Berlin, Springer Verlag, 1958.
19. MÄKELT, H. *Die Mechanische Pressen,* München, Ganser Verlag, 1961.
20. MANIU, A. *Tehnologia forjării, matrițării și utilaje pentru forjă.* București, Editura didactică și pedagogică, 1968.
21. MANSUROV, A.M. *Tehnologia goreacei stampovki.* Moscova, Mașghiz, 1960.
22. MC. LEAN, D. *Mechanical Properties of Metals.* Ed. Jon Wiley, 1962.
23. MOLDOVAN, V. *Utilajul secțiilor de forjă.* București, Editura tehnică, 1965.
24. PEARSON, C.E., și PARKINS, R.N. *The Extrusion of Metals,* London, 1961.
25. BERLIN, I.L. *Teoria presovania metalov.* Moscova, Metallurgiia, 1964.
26. POPESCU, V.I. *Tehnologia forjării și extruziunii,* București, Editura didactică și pedagogică, 1967.
27. REBELSKI, A.V. *Osnovî proiektirovaniia protessov goriacei obiemnoi stampovki.* Moscova, Mașinostroienie, 1965.
28. RINEHART, I. și PEARSON, J. *Explosive Working of Metals.* Oxford, 1963.
29. SMIRNOV, V.S. ș.a. *Laminarea periodică longitudinală.* București, Editura tehnică, 1964.
30. TARNOVSKI, I.I. ș.a. *Teoria obrabotki metallov devlenie.* Moscova, Metalurgizdat, 1963.

9. PRELUCRAREA TABLELOR

9.1. DEFINIREA ȘI CLASIFICAREA OPERAȚIILOR DE PRELUCRARE LA RECE A TABLELOR

Prelucrarea tablelor comportă tăierea materialului și deformarea plastică a acestuia. Definirea și clasificarea operațiilor de bază legate de prelucrarea la rece a tablelor se prezintă în tabelul 9.1.

9.2. TĂIEREA TABLELOR CU FOARFECI ȘI ȘTANȚE

9.2.1. PROCESUL TĂIERII TABLELOR

Procesul tăierii cuprinde succesiunea a trei faze:

— faza inițială, a deformațiilor elastice;

— faza deformațiilor plastice, în decursul căreia scula se imprimă în semifabricat pe o adîncime de 10 . . . 30% din grosimea acestuia, în funcție de plasticitatea materialului. Cu începutul deformării plastice este atinsă integritatea legăturilor intracristaline și intercristaline ale materialului;

— faza de tăiere propriu-zisă, cînd, în baza unei tensionări mai puternice a materialului distrugîndu-se complet legăturile intra și intercristaline, apar micro apoi macrofisuri care străbat întreaga grosime a semifabricatului, după direcțiile de lunecare din material și duc astfel la separarea completă a semifabricatului. În baza propagării fisurilor în fața muchiei tăietoare a sculei, separarea de fapt a materialului se încheie la o pătrundere doar de 16 . . . 50% din grosimea semifabricatului.

Calitatea suprafeței de tăiere depinde, pentru un material dat, în deosebi de mărimea jocului dintre perechea de muchii tăietoare cît și de starea de uzură a acestora.

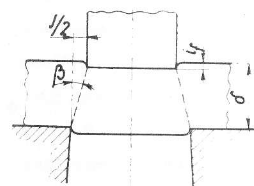


Fig. 9.1. Schemă pentru calculul jocului optim

Calitatea optimă apare cînd jocul are o valoare pentru care fisurile ce pornesc de la ambele muchii tăietoare ale sculei se suprapun pe aceeași suprafață. Pentru acest caz și forța de tăiere va fi minimă.

Valoarea optimă a jocului, funcție de condiția amintită, conform fig. 9.1 va fi:

$$j = 2(\delta - i_f)\,\mathrm{tg}\,\beta = 2(1 - c)\,\delta\,\mathrm{tg}\,\beta, \qquad (9.1)$$

în care: β este unghiul de lunecare din material; $c = \frac{i_f}{\delta}$ — pătrunderea relativă a muchiei sculei în momentul apariției fisurilor în material. Valorile lui c și β se indică în tabelul 9.2.

Piesa obținută va dispune de suprafețe de tăiere înclinate și ele sub unghiul β. La piese de precizie, pentru a obține suprafețe de tăiere perpendiculare pe planul tablei se impune operații ulterioare de calibrare prin tăiere (curățire).

Tabelul 9.1

Definirea și clasificarea operațiilor de prelucrare a tablelor

Caracterul deformației	Denumirea operației	Schița operației	Definirea operației
1	2	3	4
TĂIERE	Forfecare		Tăierea după un contur deschis pentru debitarea materialului
	Retezare		Tăierea după un contur deschis, cu separarea completă a materialului
	Decupare		Tăierea după un contur închis, pentru separarea completă a unor semifabricate sau piese
	Perforare		Tăierea după un contur închis, pentru separarea completă a unei părți de material ce constituie deșeu
	Crestare		Tăierea după un contur deschis, pentru separarea incompletă a unei părți de material
	Slițuire		Tăierea după un contur deschis, pentru separarea completă a unei părți de material la marginea semifabricatului, care constituie deșeu
	Separare (secționare)	Piesă	Tăierea pentru separarea între ele a două sau mai multe piese, care din motive tehnologice au fost prelucrate împreună

Tabelul 9.1 (continuare)

1		2	3	4
TĂIERE		Tundere (tăierea marginilor)		Tăierea plusului de material la marginea semifabricatelor cave
TĂIERE		Calibrare prin tăiere (curăţire)		Tăierea plusului de material de la conturul pieselor, pentru a ameliora netezimea suprafeţei laterale, a obţine perpendicularitatea acesteia pe feţele piesei, asigurîndu-se obţinerea unor detalii precise
DEFORMARE PLASTICĂ	ÎNDOIRE	Îndoire		Modificarea formei unui semifabricat, prin încovoiere plană în jurul unei muchii rectilinii
DEFORMARE PLASTICĂ	ÎNDOIRE	Profilare		Îndoirea tablelor şi benzilor pe muchii sau generatoare paralele între ele şi paralele cu marginea lor iniţială, în scopul obţinerii de profile
DEFORMARE PLASTICĂ	ÎNDOIRE	Curbare		Îndoirea tablelor pentru a le da o formă cilindrică sau conică
DEFORMARE PLASTICĂ	ÎNDOIRE	Roluire		Îndoirea marginii unui semifabricat plan, pentru a se forma parţial sau total o suprafaţă cilindrică de diametru mic
DEFORMARE PLASTICĂ	ÎNDOIRE	Răsucire		Torsionarea unui semifabricat în jurul axei sale, în elice, astfel ca două secţiuni vecine şi perpendiculare pe axă să se rotească între ele

Tabelul 9.1 (continuare)

1		2	3	4
DEFORMARE PLASTICĂ	ÎNDOIRE	Înfăşurare		Îndoirea unui semifabricat în jurul unei axe exterioare lui, astfel ca fibra sa neutră să capete o formă elicoidală sau spirală
DEFORMARE PLASTICĂ	ÎNDOIRE	Îndreptare		Îndoirea în sens convenabil a semifabricatelor pentru a le îmbunătăţi planitatea
DEFORMARE PLASTICĂ	AMBUTISARE	Ambutisare		Modificarea formei unui semifabricat de la forma plană la cea cavă sau mărirea adîncimii unui semifabricat cav, cu sau fără modificarea intenţionată a grosimii pereţilor
DEFORMARE PLASTICĂ	AMBUTISARE	Tragere pe calapod		Ambutisarea unui semifabricat plan prin întinderea sa pînă aproape de limita de curgere, cu aplicarea forţată concomitentă pe un calapod (tipar)
DEFORMARE PLASTICĂ	FASONARE	Planare		Fasonarea pieselor din tablă în vederea realizării unei planităţi îmbunătăţite
DEFORMARE PLASTICĂ	FASONARE	Reliefare		Fasonare prin executarea unui relief de mică adîncime pe o porţiune din suprafaţa semifabricatului
DEFORMARE PLASTICĂ	FASONARE	Gîtuire		Fasonarea locală a unei piese cave sau ţevi, în vederea reducerii dimensiunilor transversale

Tabelul 9.1 (continuare)

1		2	3	4
DEFORMARE PLASTICĂ	FASONARE	Umflare		Fasonare pentru mărirea dimensiunilor transversale pe o porţiune a pieselor cave sau a ţevilor, dimensiunile la gură rămînînd practic aceleaşi
		Evazare		Fasonare pentru mărirea progresivă spre extremitate a diametrului unei ţevi sau a unei piese cave
		Bordurare		Fasonarea pentru modificarea formei marginii unui semifabricat, pentru a obţine suprafaţa (în general toroidală) de racordare sau pentru mărirea rigidităţii
		Răsfrîngere		Fasonarea marginilor orificiilor şi a marginilor conturului exterior al piesei
	ASAMBLARE	Fălţuire (încheiere)		Asamblarea a două table prin îndoiri paralele cu muchia, cu sau fără o bandă de adaos
		Agrafare		Asamblarea a două piese prin îndoirea limbilor uneia din piese sau prin crestarea simultană a pieselor din tablă
		Capsare		Asamblarea a două sau mai multe piese, prin deformarea unor capse sau a gulerului uneia din piese care străbat găurile executate în celelalte piese
		Bercluire		Asamblarea a două sau mai multe piese, prin deformarea convenabilă a marginii uneia dintre piese peste marginea celeilalte

Tabelul 9.2

Valorile mărimilor c şi β pentru calculul jocului la ştanţe de tăiere

Materialul	c		β(grade)	
	pentru material			
	recopt	ecruisat	recopt	ecruisat
Oţel moale, cupru, alamă moale	0,5	0,35	6	5
Oţel de duritate mijlocie, alamă tare	0,3	0,2	5	4
Oţel dur	0,2	0,1	4	4

Lucrul cu scule, ale căror muchii tăietoare sînt uzate, determină formarea unor bavuri pronunţate de-a lungul conturului de tăiere, în baza unei curgeri plastice intense a materialului din această zonă, înainte de începerea fazei propriu-zise de tăiere.

Tensionarea materialului supus prelucrării la rece duce la ecruisarea (întărirea) acestuia. Prin ecruisare se modifică proprietăţile fizico-mecanice şi tehnologice ale materialului: creşte limita de elasticitate, rezistenţa la rupere şi duritatea, se micşorează lungirea şi gîtuirea specifică cît şi rezilienţa metalului. Astfel cresc forţele necesare prelucrării materialului, iar gradul de deformare realizabil se micşorează.

Comportarea metalelor sub raportul ecruisării este pusă în evidenţă prin intermediul curbelor de ecruisare, care exprimă valoarea efectivă a tensiunii σ_{ef}, în funcţie de gîtuirea specifică ψ a epruvetelor supuse la tracţiune, sub forma ecuaţiei exponenţiale

$$\sigma_{ef} = \frac{\sigma_r}{1-\psi_g}\left(\frac{\psi}{\psi_g}\right)^{\frac{\psi_g}{1-\psi_g}} \qquad (9.2)$$

în care ψ_g este gîtuirea specifică în momentul apariţiei contracţiei transversale locale a epruvetei supuse la tracţiune.

9.2.2. CALCULUL FORŢELOR NECESARE LA OPERAŢIILE DE TĂIERE ŞI CALIBRARE PRIN TĂIERE A TABLELOR

Valoarea efortului unitar tangenţial efectiv la forfecare τ_{fef} a unui material, în funcţie de caracteristicile mecanice ale acestuia şi mărimea jocului dintre muchiile tăietoare ale ştanţei, este dată de relaţia

$$\tau_{fef} = \frac{k\,\sigma_{ref}}{\sqrt{3}}\left(\frac{\text{arc tg}\,\dfrac{2i_f}{j}}{\sqrt{3}\,\varepsilon_{ref}}\right)^{\ln\frac{1}{1-\psi_r}} \qquad (9.3)$$

în care: σ_{ref} este efortul unitar efectiv de rupere la tracţiune, $\sigma_{ref} = \dfrac{\sigma_r}{1 - \psi_r}$; ε_{ref} — lungirea specifică efectivă la rupere, $\varepsilon_{ref} = \ln \dfrac{1}{1 - \psi_r}$; ψ_r — gîtuirea specifică la rupere prin tracţiune; k — coeficient a cărui mărime se deduce din diagrama prezentată în fig. 9.2, în funcţie de gîtuirea concentrată $\psi_{conc} = \dfrac{A_u - A_f}{A_u}$, în care A_u este aria secţiunii uniform deformate a epruvetei supuse tracţiunii, iar A_f — aria secţiunii finale la rupere.

În cazul operaţiilor de tăiere după un contur închis, determinată de deformaţiile elastice care însoţesc procesul, apare o strîngere a materialului pe elementele active ale ştanţei, ceea ce majorează forţa necesară realizării procesului de tăiere.

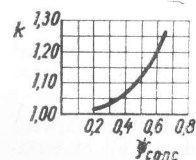


Fig. 9.2. Diagrama de variaţie a coeficientului $k = f(\psi_{conc})$

În practica calculului forţelor necesare la operaţiile de tăiere, se folosesc relaţii de calcul simplificate şi empirice. În aceste calcule, se ţine seama de efortul unitar tangenţial de forfecare τ_f a materialului, grosimea δ a semifabricatului, lungimea l a conturului după care se face tăierea, forma deschisă sau închisă a acestui contur, poziţia relativă (paralelă sau înclinată sub unghiul φ) a perechii de muchii tăietoare care execută operaţia.

Pentru cazul tăierii după contur deschis:

— dacă perechea de muchii tăietoare este paralelă (foarfece cu lame paralele, ştanţe cu muchii plane paralele pentru retezat sau crestat), se va folosi relaţia

$$F = l\,\delta\,\tau_f; \qquad (9.4)$$

— dacă perechea de muchii tăietoare este înclinată,

$$F = \frac{k\,\delta^2 \tau_f}{\operatorname{tg}\varphi}, \qquad (9.5)$$

în care: $k = 0{,}5$, pentru cazul muchiilor tăietoare rectilinii (foarfeca ghilotină, ştanţe cu muchii tăietoare rectilinii înclinate); $k = 0{,}5 \dots 0{,}6$, pentru ştanţe cu muchii tăietoare curbilinii; φ — unghiul de înclinare a muchiei tăietoare faţă de planul semifabricatului.

Pentru cazul foarfecelor disc, cu n perechi de discuri care atacă materialul sub unghiul φ_1, relaţia ia forma

$$F = \frac{0{,}5\,\delta^2 \tau_f\, n}{2\operatorname{tg}\varphi_1}, \quad \text{în care } \varphi_1 = \arccos\left(1 - \frac{h + \delta}{D}\right) \qquad (9.6)$$

h fiind mărimea de suprapunere a discurilor de tăiere (v. tabelul 9.35).

Forţa practic necesară tăierii este de $(1{,}2 \dots 1{,}3)\,F$, majorarea impunîndu-se ca urmare a distanţării muchiilor tăietoare, a uzurii acestora, a frecării dintre diferite elemente etc.

Pentru cazul tăierii după contur închis, forţa totală necesară se majorează cu forţa de desprindere F_d a materialului de pe poanson şi forţa de împingere F_i a materialului prin orificiul plăcii active, care se exprimă ca şi cotă parte din forţa de tăiere, adică:

$$F_d = k_d F; \qquad F_i = k_i F, \qquad (9.7)$$

valorile coeficienţilor k_d şi k_i fiind date în tabelul 9.3.

Deci, forţa totală necesară în aceste cazuri care se va avea în vedere şi la alegerea utilajului, este

$$F_t = (1{,}2 \dots 1{,}3)\,F + F_d + F_i. \qquad (9.8)$$

Tabelul 9.3

Valorile coeficienţilor k_i şi k_d pentru calculul forţei de desprindere şi de împingere [12]

Materialul piesei	k_i	k_d
Oţel	0,010...0,063	0,005...0,081
Alamă	0,006...0,031	0,010...0,038
Aluminiu	0,009...0,043	0,004...0,069

În cazul lucrărilor grele, pentru a reduce forţa necesară tăierii, se utilizează scule cu muchii tăietoare înclinate sau se amplasează poansoanele cu muchiile tăietoare în plane denivelate între ele cu 0,6 ... 0,8 din grosimea semifabricatului, avînd însă grijă ca rezultanta forţelor de tăiere să nu-şi schimbe poziţia.

9.2.3. CONDIŢII PRIVIND FORMA ŞI PRECIZIA PIESELOR OBŢINUTE PRIN OPERAŢII DE TĂIERE

Execuţia pieselor prin ştanţare are delimitări legate de construcţia sculelor şi comportarea materialului în procesul deformării. Aceste delimitări se indică prin condiţiile de formă şi precizie date prin fig. 9.3 ... 9.5 şi tabelele 9.4 ... 9.7.

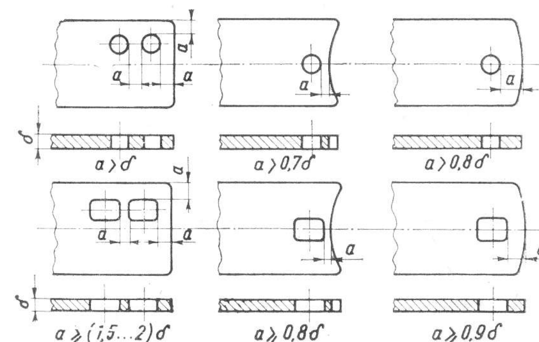


Fig. 9.3. Distanţe minime de poziţionare a orificiilor perforate în piese plate.

Tabelul 9.4

Distanțe minime dintre orificii și dintre marginea plăcii active și aceste orificii [7]

δ_{mm}	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
a_{mm}	1,4	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,2	5,6	6,0
δ_{mm}	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
a_{mm}	6,4	6,7	7,1	7,4	7,7	8,1	8,5	8,8	9,1	9,4	9,7	10,0

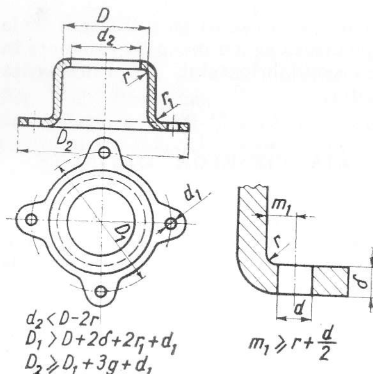


Fig. 9.4. Distanțe minime de poziționare a orificiilor perforate în piese ambutisate și îndoite

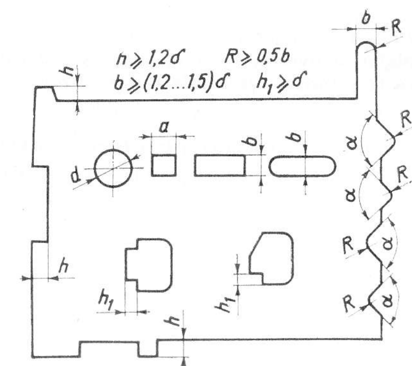


Fig. 9.5. Dimensionarea elementelor de contur la decupare și perforare

Tabelul 9.5

Raze minime de racordare R ale contururilor pieselor la tăiere [7]

Materia	La decupare		La perforare	
	$\alpha \geq 90°$	$\alpha < 90°$	$\alpha \geq 90°$	$\alpha < 90°$
Oțel, alamă, aluminiu	0,3 δ	0,5 δ	0,4 δ	0,7 δ

Tabelul 9.6

Dimensiunile minime ale orificiilor perforate [7]

Forma orificiului	Dimensiuni minime ale orificiului, mm	Materialul piesei			
		oțel		alamă, cupru	aliminiu
		dur	moale		
Circular	Diametrul, *d*	1,2 δ	1,0 δ	0,8 δ	0,7 δ
Pătrat	Latura, *a*	1,1 δ	0,9 δ	0,7 δ	0,5 δ
Dreptunghiular	Latura mică, *b*	0,9 δ	0,7 δ	0,6 δ	0,5 δ
Oval	Lățimea, *b*	1,0 δ	0,9 δ	0,65 δ	0,55 δ

Tabelul 9.7

Precizii realizabile la operații de tăiere [7]

A. Tăierea cu foarfece

Grosimea materialului de tăiat, mm	Lățimea benzii, mm					
	Până la 50	51 . . . 100	101 . . . 200	201 . . .300	301. . . 500	Peste 500
	Precizia tăierii, mm					
... 0,5	0,25	0,5	0,75	1,0	1,2	1,5
0,5 ... 1,0	0,50	0,75	1,0	1,0	1,2	1,5
1,1 ... 2,0	0,75	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0
2,1 ... 3,0	1,0	1,0	1,25	1,5	1,8	2,2
3,1 ... 5,0	1,0	1,25	1,5	1,5	2,0	2,5
5,1 ... 7,0	1,25	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5
7,1 ... 10,0	1,5	1,8	2,2	2,2	2,5	3,0

Tabelul 9.7 (continuare)

B. Decupare

Grosimea materialului, mm	Dimensiunile piesei, mm			
	Pînă la 50	peste 50 pînă la 120	peste 120 pînă la 260	peste 260 pînă la 500
Peste 0,2 la 0,5	0,1/0,03	0,15/0,05	0,2/0,08	0,3/0,1
Peste 0,5 la 1,0	0,15/0,04	0,2/0,06	0,3/0,1	0,4/0,15
Peste 1,0 la 2,0	0,2/0,06	0,3/0,1	0,3/0,12	0,5/0,15
Peste 2,0 la 3,0	0,3/0,1	0,4/0,12	0,5/0,15	0,6/0,2
Peste 3,0 la 4,0	0,4/0,1	0,5/0,15	0,6/0,2	0,8/0,25
Peste 4,0 la 6,0	0,5/0,3	0,6/0,4	0,8/0,5	1,0/0,7
Peste 6,0 la 10	0,7/0,5	0,8/0,5	1,0/0,7	1,2/0,8

C. Perforare

Grosimea materialului, mm	Dimensiunile orificiului, mm		
	Pînă la 10	peste 10 pînă la 50	peste 50 pînă la 100
Peste 0,2 pînă la 1,0	0,06/0,02	0,08/0,04	0,1/0,08
Peste 1,0 pînă la 4,0	0,08/0,03	0,1/0,06	0,12/0,1
Peste 4,0 pînă la 10	0,1/0,06	0,12/0,1	0,14/0,12

D. Distanţa între orificii

Grosimea materialului, mm	Distanţa între orificii, mm		
	Pînă la 50	peste 50 pînă la 150	peste 150 pînă la 300
Pînă la 1,0	±0,1/±0,03	±0,15/±0,05	±0,2/±0,08
Peste 1,0 pînă la 2,0	±0,12/±0,04	±0,20/±0,06	±0,3/±0,1
Peste 2,0 pînă la 4,0	±0,15/±0,06	±0,25/±0,08	±0,35/±0,12
Peste 4,0 pînă la 6,0	±0,2/±0,08	±0,3/±0,10	±0,4/±0,15

Tabelul 9.7 (continuare)

E. Distanţa de la orificiu la conturul piesei

Grosimea materialului, mm	Distanţa de la orificiu la contur		
	pînă la 50	peste 50 pînă la 150	peste 150 pînă la 300
Pînă la 1,0	±0,5/±0,25	±0,6/±0,3	±0,7/±0,35
Peste 1,0 pînă la 2,0	±0,5/±0,25	±0,6/±0,3	±0,7/±0,35
Peste 2,0 pînă la 4,0	±0,6/±0,3	±0,7/±0,35	±0,8/±0,4
Peste 4,0 pînă la 6,0	±0,7/±0,35	±0,8/±0,4	±1,0/±0,6

Observaţie. Pentru operaţiile executate pe ştanţe, valorile de la numărător corespund lucrului pe ştanţe cu precizie obişnuită, iar cele de la numitor pe ştanţe cu precizie ridicată.

9.3. CROIREA SEMIFABRICATELOR

Sistemul de croire, factor important de economicitate la prelucrarea tablelor, se precizează în funcţie de coeficientul de utilizare η realizabil al materialului, asigurarea unei productivităţi ridicate a muncii, fără a se complica sculele necesare prelucrării şi ţinînd seama de utilajul existent din uzină.

Coeficientul de utilizare al materialului η este dat de raportul dintre aria suprafeţei piesei decupate A_u şi cea a semifabricatului consumat în acest scop A_t

$$\eta = \frac{A_u}{A_t}. \tag{9.9}$$

Debitarea fîşiilor din foile de tablă se face după o croire longitudinală, transversală sau combinată.

Croirea fîşiilor sau a benzilor se face după mai multe sisteme (cu aşezare dreaptă, înclinată, cap la cap, pe mai multe rînduri etc.), în variante cu sau fără punţiţe, după cum se impun condiţii de mai mare sau mai mică precizie la execuţia pieselor.

Puntile laterale b_l şi intermediare a_i se determină cu ajutorul datelor din tabelul 9.8.

Pentru cazul cînd se lucrează la ştanţe cu poansoane laterale de pas, lăţimea benzii se sporeşte cu un adaos a indicat în tabelul 9.9.

Tabelul 9.8

Valorile coeficienților a, b, K_1, K_2, K_3 pentru calculul puntițelor [8]

Relații de calcul al puntiței laterale b_l și intermediare a_i	$b_l = K_1 K_2 K_3 b$; $a_i = K_1 K_2 K_3 a$					
Grosimea materialului δ, mm	Valori pentru a și b					
	Piese rotunde sau cu rază de curbură $r > 2\delta$		Piese dreptunghiulare cu lungimea $l \leq 50$mm		Piese cu porțiuni rectilinii $l > 50$mm; $r \leq 2\delta$	
	a	b	a	b	a	b
–0,25	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3
0,25...0,50	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5
0,50...0,80	1,0	1,2	1,5	1,8	1,8	2,0
0,80...1,20	0,8	1,0	1,2	1,5	1,5	1,8
1,20...1,6	1,0	1,2	1,5	1,8	1,8	2,0
1,60...2,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,0	2,2
2,0...2,5	1,5	1,8	2,0	2,2	2,2	2,5
2,5...3,0	1,8	2,2	2,2	2,5	2,5	2,8
3,0...3,5	2,2	2,5	2,5	2,8	2,8	3,2
3,5...4,0	2,5	2,8	2,8	3,2	3,2	3,5
4,0...4,5	3,0	3,5	3,5	3,0	3,0	4,5
5,0...12	0,6δ	0,7δ	0,7δ	0,8δ	0,8δ	0,8δ

Valori pentru K_1, K_2 și K_3

K_1	K_2	K_3
Oțel moale, 1,0 Oțel semidur, 0,9 Oțel dur, 0,8 Bronz tare, 1,1 Alamă moale, 1,2 Duraluminiu, 1,4	Bandă care trece o singură dată prin ștanță, 1,0 Bandă care trece de două ori prin ștanță, 1,2	Ștanță cu avans și ghidare neprecisă a benzii, 1,0 Ștanță cu înaintare și ghidare precisă a benzii, 0,8

Tabelul 9.9

Valoarea adaosului a pentru benzi prelucrate pe ștanțe cu poansoane laterale de pas [12]

Grosimea materialului, mm	Lățimea fișiei a, mm
Pînă la 1	1,5
1,5...2,5	2,0
2,5...3,5	2,5

9.4. DEFORMAREA PLASTICĂ A TABLELOR

9.4.1. PROBLEME SPECIFICE LA PRELUCRAREA TABLELOR

Problemele deformării plastice, sub aspectul lor general, sînt prezentate în cap. 8. Se amintesc aici doar unele probleme specifice legate de prelucrarea tablelor.

Tabla de oțel necalmat, semifabricatul cel mai frecvent folosit la operațiile de prelucrare a tablelor, este supusă fenomenului de îmbătrînire. Prin îmbătrînire se modifică caracteristicile fizico-mecanice ale materialului, dintre care de deosebită importanță din punctul de vedere al deformării plastice este micșorarea lungirii specifice la rupere cu circa 6% și scăderea indicelui Erichsen cu circa 0,5 mm. Aproximativ jumătate din această scădere se atinge după circa 20 zile în urma laminării tablei, înregistrîndu-se în acest fel o sensibilă micșorare a plasticității materialului. De aceea, pentru cazul lucrărilor cu un grad de deformare mare (în deosebi ambutisările adînci), se va căuta prelucrarea cît mai grabnică a acestor table de oțel, de preferat la nu mai mult de 8 ... 10 zile de la laminarea lor. Aceleași lucrări se recomandă să se execute din table de oțel calmat, care deși mai scumpă, fiind practic feriță de îmbătrînire, menține valorile inițiale de plasticitate și deci apar rebuturi mult mai reduse prin ruperi de piese.

Prezintă deosebită importanță, sub raportul plasticității materialului, și durata ciclului complet de prelucrare a semifabricatelor din tablă de oțel necalmat, pentru cazul că acestea se supun unei succesiuni de operații de deformare plastică. Prima deformare, în baza degajării de căldură în cadrul procesului, amorsează o îmbătrînire artificială a materialului. În acest caz după numai 3 ... 4 ore se resimte deja scăderea sensibilă a plasticității materialului, iar deformațiile plastice care s-ar efectua după acest timp ar duce la o rupere mai ușoară a semifabricatului. De acest fapt urmează a se ține seama în organizarea producției pieselor în cauză. Presele cu transfer, care asigură realizarea întregii succesiuni de deformare a semifabricatului în fracțiuni de minut, prezintă importante avantaje deci și sub acest aspect.

Totodată, la ambutisarea tablelor de oțel necalmat îmbătrînite intervin și defecte de calitate legate de apariția liniilor Lüders pe suprafața lor. Apariția acestora este legată de zone cu lungiri cuprinse între lungirea ε_1, corespunzătoare limitei de elasticitate, și ε_2, corespunzătoare extremității palierului de curgere de pe curba de tracțiune a oțelului (fig. 9.6). Pentru a evita acest defect de calitate, se trece semifabricatul ce urmează a

fi prelucrat printr-o maşină de îndoit-îndreptat, Roller-Leveller (fig. 9.7), în care materialul fiind îndoit între valţuri se ecruisează întrucîtva. În acest caz, de pe caracteristica de tracţiune a oţelului se suprimă, pentru un timp, palierul de curgere. Efectul acestei prelucrări se resimte circa 48 ore.

Deformarea plastică a tablelor este urmare a acumulării unei anumite cantităţi de energie potenţială în material, cantitate ce depinde de proprietăţile fizice ale materialului şi regimul termo-mecanic al deformării.

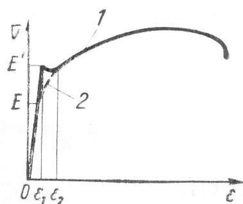


Fig. 9.6. Curba de tracţiune a oţelului:
1 — oţel recopt; *2* — oţel trecut prin maşina de îndoit-îndreptat

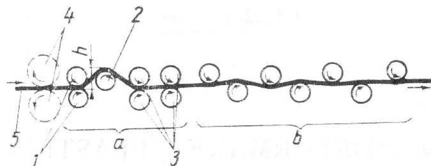


Fig. 9.7. Schema deformării tablei cu o maşină de îndoit-îndreptat:
a — tren de deformare; *b* — tren de îndreptare; *1* — role de angajare; *2* — rolă de îndoire; *3* — role de antrenare; *4* — role cu perie pentru curăţire; *5* — semifabricat

Din energia potenţială acumulată, o parte redusă produce deformarea elastică a materialului. Din această cauză, dimensiunile şi forma pieselor se modifică faţă de cele pe care ele le prezintă în interiorul sculelor care au servit la deformarea lor (arcuirea pieselor îndoite, conicitatea pieselor cilindrice ambutisate etc.).

Cea mai mare parte a energiei potenţiale acumulate serveşte deformării plastice. În cadrul acestei deformări, au loc modificări în reţeaua cristalină a materialului, apare ecruisarea materialului, ceea ce reduce gradul de deformare admisibil la prelucrare. De aceea, se impune ca, la prelucrările la care intervine un grad de deformare ridicat, pentru a evita ruperea semifabricatului, să se execute recoaceri interoperaţii, în urma cărora se restabileşte o aşezare normală a atomilor în reţea.

La ambutisare, unde o asemenea cerinţă intervine destul de frecvent, numărul operaţiilor care se poate executa fără recoaceri intermediare este de: 3 ... 4, la oţel moale; 4 ... 5, la aluminiu; 2 ... 4, la alamă; 1 ... 2, la cupru.

9.4.2. ÎNDOIREA

9.4.2.1. PROCESUL, TENSIONAREA MATERIALULUI, FORŢA DE ÎNDOIRE.

La operaţia de îndoire, materialul semifabricatului supus prelucrării suferă o deformare plastică localizată în zona de lîngă locul îndoirii. La deformări plastice puternice, cînd se îndoaie un semifabricat la raze mici de curbură în raport cu grosimea lor, semifabricatul se subţiază cu 2 ... 15% în zona de îndoire, stratul neutru se deplasează spre centrul curburii, iar pentru benzi de lăţime redusă ($b < 3\delta$), caz mai puţin frecvent la prelucrarea tablelor, se modifică şi forma secţiunii transversale a semifabricatului, prin creşterea lăţimii zonei interioare comprimate şi micşorarea lăţimii zonei exterioare întinse.

Deformarea elastică a materialului, care însoţeşte pe cea plastică de îndoire, duce la modificarea unghiului de îndoire a piesei faţă de mărimea unghiului ştanţei de îndoit. Unghiul de arcuire unilateral β se exprimă prin relaţiile:

— pentru îndoire în V, $$\operatorname{tg}\beta = 0{,}375\,\frac{l}{k_n\delta}\,\frac{\sigma_c}{E}; \qquad (9.10)$$

— pentru îndoire în U, $$\operatorname{tg}\beta = 0{,}75\,\frac{l_1}{k_n\delta}\,\frac{\sigma_c}{E}, \qquad (9.11)$$

în care: $k_n = 1 - k$ coeficient ce ţine cont de poziţia stratului neutru; l — distanţa dintre reazeme; l_1 — distanţa dintre reazeme, $l_1 = r_p + r_a + j$; r_p, r_a — raze de rotunjire a muchiei poansonului şi a plăcii de îndoire; j — jocul dintre poanson şi placa de îndoire.

Starea de tensionare a materialului dintr-o bandă îndoită, ţinînd seama de ecruisarea materialului, admiţînd pentru simplificare că stratul neutru se găseşte la mijlocul grosimii semifabricatului şi neglijînd zona elastică din vecinătatea acestui strat (grosimea acestuia fiind doar de 0,01 ... 0,02δ), se prezintă în fig. 9.8. În baza acestei scheme se

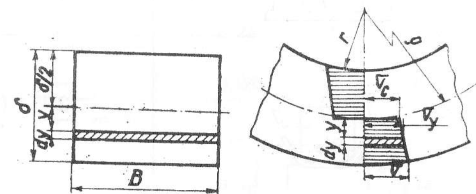


Fig. 9.8. Schema de tensionare a materialului la îndoire

poate calcula valoarea momentului necesar îndoirii. Notînd prin σ_y solicitarea din elementul de grosime dy situat la distanţa y de stratul neutru şi prin σ solicitarea stratului extrem ecruisat ($\sigma > \sigma_c$) rezultă

$$M_i = 2\int_0^{\frac{\delta}{2}} \sigma_y b y\, dy = \frac{b\delta^2}{6}(\sigma + 0{,}5\sigma_c) = W(\sigma + 0{,}5\sigma_c),$$

în care W are semnificaţia modulului de rezistenţă a secţiunii.

Pentru a evita ruperea straturilor extreme, cel mai puternic tensionate, se admite $\sigma = 0{,}8\,(1 + \varepsilon_r)\,\sigma_r$ şi, luînd spre simplificare aproximaţia $\sigma_c \cong \sigma_r$, rezultă

$$M_i = W\sigma_r(1{,}3 + 0{,}8\varepsilon_r). \qquad (9.12)$$

Egalînd momentul de îndoire plastică, ca moment rezistent, cu momentul activ al forţei de deformare, se deduce expresia forţei necesare pentru deformarea plastică de îndoire. Pentru cazurile cele mai frecvente, valoarea acestei forţe se indică în tabelul 9.10.

La îndoiri pe ştanţe, pentru învingerea frecărilor, forţa de calcul se majorează cu 30% faţă de valorile din acest tabel.

Tabelul 9.10

Relaţii de calcul ale forţelor de îndoire

Mod de îndoire	Schiţa îndoirii	Forţa de îndoire
Îndoire liberă în consolă		$F = \frac{W\,\sigma_r(1{,}3 + 0{,}8\varepsilon_r)}{l}$
Îndoire în V în ştanţă		$F = \frac{4W\,\sigma_r(1{,}3 + 0{,}8\varepsilon_r)}{l}$
Îndoire în U în ştanţă		$F = \frac{2W\,\sigma_r(1{,}3 + 0{,}8\varepsilon_r)}{r_p + j}$

9.4.2.2. CONDIŢII PRIVIND FORMA ŞI PRECIZIA PIESELOR ÎNDOITE. **Condiţii privind forma pieselor îndoite.** Pentru a obţine forma dorită la piesele îndoite, trebuie să se respecte următoarele:

— Înălţimea minimă a porţiunii drepte a părţii îndoite trebuie să fie $H - r \geqslant 2\delta$, dacă $\delta < 5$ mm (fig. 9.9,*a*). Dacă înălţimea H este mai mică, se vor executa canale ca

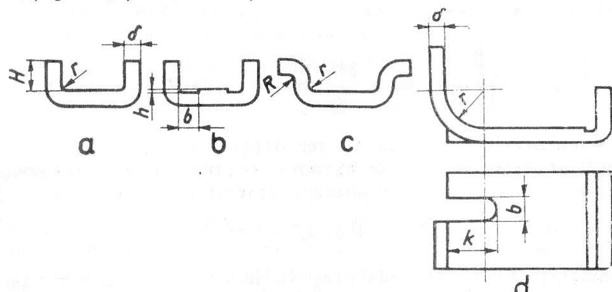


Fig. 9.9. Dimensiuni ale pieselor îndoite

în fig. 9.9, *b* cu $b \geqslant \delta$ şi $h = (0{,}1 \ldots 0{,}3)\delta$ sau se realizează piese cu $H > 2\delta$ şi se retează după îndoire la înălţimea dorită.

— Razele minime de îndoire a materialului (corespunzătoare razelor de racordare ale poansoanelor), la care se previne fisurarea acestuia, pentru $\alpha \geqslant 90°$, se indică în tabelul 9.11.

Tabelul 9.11

Raze minime de îndoire, pentru $\alpha \geqslant 90°$ [7]

Material	Poziţia liniei de îndoire			
	Material recopt sau normalizat		Material ecruisat	
	perpendiculară pe direcţia de laminare	paralelă cu direcţia de laminare	perpendiculară pe direcţia de laminare	paralelă cu direcţia de laminare
Aluminiu	—	0,2δ	0,3δ	0,8δ
Cupru	—	0,2δ	1,0δ	2,0δ
Alamă	—	0,2δ	0,4δ	0,8δ
OL 34	—	0,4δ	0,4δ	0,8δ
OL 37	0,1δ	0,5δ	0,5δ	1,0δ
OL 42	0,2δ	0,6δ	0,6δ	1,2δ
OL 50	0,3δ	0,8δ	1,0δ	1,5δ
Duraluminiu	1,0δ	1,5δ	1,5δ	2,5δ

Pentru obţinerea unor raze de îndoire mai mici ca cele din tabelul 9.11, este necesar să se realizeze, după o îndoire prealabilă, un canal ca în fig. 9.9.,*b* sau să se facă o operaţie de calibrare.

Dacă piesa are o formă ca cea din fig. 9.9, *c* şi se obţine la o singură ştanţă, atunci se impune ca $R > 3\delta$. Dacă $R < 3\delta$, îndoirea trebuie să se facă prin 2 operaţii şi anume îndoire cu $R > 3\delta$ şi calibrare la rază dată.

— Pentru îndoirea unor părţi la o piesă ca în fig. 9.9,*d*, trebuie să se execute în prealabil şliţuri cu $b \geqslant \delta$ şi $k \geqslant r$.

Condiţii privind precizia pieselor îndoite. Prin operaţia de îndoire se pot obţine piese, la care precizia diverselor elemente variază între limitele date în tabelele 9.12 şi 9.13.

Tabelul 9.12

Toleranţe ale unghiurilor la îndoire [7]

Materialul piesei	Toleranţe ale unghiurilor la îndoire $\frac{r}{\delta}$ pînă la 1	1...2	2...4
Oţel moale, alamă moale $\sigma_r \leqslant 30$ daN/mm²	±15′	± 30′	± 1°
Oţel cu duritate medie $\sigma_r = 40$ daN/mm²	± 30′	± 1°30′	± 3°
Alamă semitare $\sigma_r = 35$ daN/mm²; oţel tare $\sigma_r = 60$ daN/mm²	—	± 3°	± 5°

Tabelul 9.13

Toleranţe ale razelor de îndoire [7]

Raza, mm	Toleranţe ale razelor de îndoire: Pînă la 3	Peste 3 pînă la 6	Peste 6 pînă la 20	Peste 20
Toleranţa, mm	± 0,5	± 1	± 2	± 3

9.4.2.3. DIMENSIONAREA SEMIFABRICATELOR PENTRU PIESE ÎNDOITE. Lungimea L necesară a semifabricatelor rezultă din egalarea acesteia cu lungimea stratului neutru al pieselor îndoite]

$$L = \sum_{1}^{n} l_i + \sum_{1}^{n-1} \frac{\pi \cdot \alpha_i}{180} \rho_i, \tag{9.13}$$

în care l_i este lungimea porţiunilor drepte ale piesei; ρ_i — razele de curbură ale stratului neutru în zonele îndoite.

9.4.3. AMBUTISAREA

9.4.3.1. PROCESUL, TENSIONAREA MATERIALULUI, FORŢA DE AMBUTISARE. La ambutisarea pieselor, partea centrală a semifabricatului plat va forma fundul piesei, iar partea sa periferică inelară va forma pereţii laterali ai acesteia. Excesul

de material al acestei părţi din urmă, indicate în fig. 9.10 sub forma triunghiurilor haşurate, urmează să se redistribuie, proces legat de o tensionare a materialului specifică ambutisării, de întindere radială (σ_1) şi compresiune tangenţială (σ_3).

Compresiunea tangenţială duce la pericolul formării cutelor pe suprafaţa laterală a pieselor ambutisate. Pericolul este cu atît mai pronunţat cu cît este mai subţire semi-

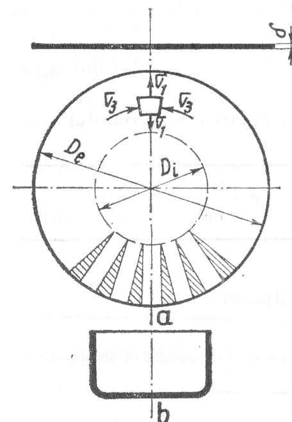


Fig. 9.10. Semifabricatul (*a*) şi piesa (*b*)ambutisată

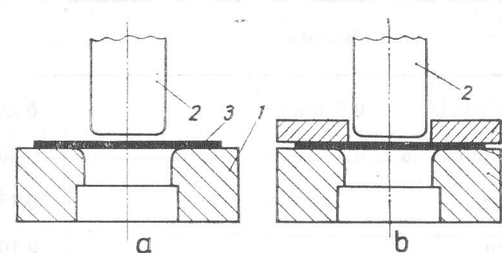


Fig. 9.11. Schema de ambutisare: fără (*a*) şi cu (*b*) fixarea materialului; *1* — placa de ambutisare; *2* — poanson; *3* — semifabricat; *4* — placa de fixare

fabricatul şi cu cît este mai înaltă piesa ce se execută. De aceea, alături de ambutisarea fără fixarea materialului (fig. 9.11,*a*), se impune deseori cea cu fixarea materialului (fig. 9.11,*b*) la care strîngerea semifabricatului între placa de ambutisare şi placa de apăsare, cu o forţă F_f, ajută la redistribuirea uniformă a excesului de material pe pereţii laterali ai piesei.

Aprecierea necesităţii ambutisării cu fixarea materialului se face în funcţie de mărimea raportului $\frac{\delta}{D}$ anume:

— la piesele cilindrice fără flanşă şi la cele conice nu se impune fixarea semifabricatului la prima ambutisare, dacă $\frac{\delta}{D} 100 > 2$, iar la următoarele ambutisări, dacă $\frac{\delta}{D_{n-1}} 100 > 1{,}5$;

— piesele cilindrice cu flanşă se execută cu fixarea semifabricatului.

În expresiile de sus:

δ este grosimea semifabricatului; D — diametrul semifabricatului; D_{n-1} — diametrul piesei în urma celei de-a $(n - 1)$ — a operaţii.

Forța F_f pentru fixarea semifabricatului rezultă ca produs al ariei suprafeței de fixare A cu presiunea p de fixare, adică

$$F_f = Ap,$$

valorile lui p fiind date în tabelul 9.14.

În cazul ambutisării cu fixarea semifabricatului, în porțiunea periferică, inelară, materialul este solicitat suplimentar și la compresiune axială.

Tabelul 9.14

Presiunea specifică p pentru fixarea materialului [12]

Material	$p, \frac{daN}{mm^2}$
Oțel moale ($\delta < 0,5$ mm)	0,25–0,30
Oțel moale ($\delta > 0,5$ mm)	0,20–0,25
Alamă	0,15–0,20
Cupru	0,10–0,15
Aluminiu	0,08–0,12

Forța necesară ambutisării se determină pornind de la condiția de echilibru a unui element de material de pe partea inelară a semifabricatului în curs de deformare.

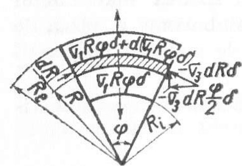


Fig. 9.12. Schema de tensionare a materialului la ambutisarea fără subțierea pereților.

În calcul, se iau în considerare la început numai solicitările σ_1 și σ_3. Din expresia identic nulă a sumei proiecțiilor verticale ale forțelor (notații conform fig. 9.12)

$$\Sigma F_{iV} = \sigma_1 R\varphi\delta + d(\sigma_1 R\varphi\delta) - \sigma_1 R\varphi\delta - 2\sigma_3 dR \frac{\varphi}{2} \delta = 0$$

și condiția de plasticitate,

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta\sigma_c,$$

în urma integrării de la R_i la R_e, se deduce expresia tensiunii medii de ambutisare

$$\sigma_{amb\ med} = 1,1\, \sigma_{d\ med} \ln \frac{R_e}{R_i},$$

în care $\sigma_{d\ med}$ este efortul unitar mediu de deformare a fibrelor cuprinse între R_i și R_e.

Incluzînd tensiunile suplimentare din material provocate de forțele de frecare ale semifabricatului de placa de fixare și cea de ambutisare, cît și cele provocate de încovoierea pe muchiile rotunjite ale poansonului și a plăcii de ambutisare, expresia ia forma finală

$$\sigma_{amb} = \left[1,1\, \sigma_{d\ med} \ln \frac{R_e}{R_i} + \frac{\mu F_f}{\pi \cdot R_e \cdot \delta}\right] e^{\mu \cdot \alpha} \sin \alpha (1 + K_i), \tag{9.14}$$

în care: μ este coeficientul de frecare, variind între 0,08 ... 0,16 funcție de calitățile de ungere ale lubrifiantului folosit; e — baza logaritmilor naturali; K_i — coeficient de majorare determinat de încovoiere; pentru $\delta < 1$ mm, $K_i = 0,02 \ldots 0,04$; $\delta = 1 \ldots 2$ mm, $K_i = 0,04 \ldots 0,06$; $\delta > 3$ mm, $K_i = 0,08 \ldots 0,12$; α — unghiul de înclinare al semifabricatului în spațiul jocului dintre poanson și orificiul plăcii de ambutisare.

Forța necesară ambutisării va fi

$$F = 2\pi R_i \delta \sigma_{amb}. \tag{9.15}$$

În practică, pentru calculul forței de ambutisare se folosesc relațiile simplificate indicate în tabelul 9,15, în care se introduc coeficienți a căror mărime se dau în tabelele 9.16 ... 9.20.

Tabelul 9.15

Relații de calcul al forțelor de ambutisare fără subțierea pereților

Forma piesei de ambutisat	Operația de ambutisare	Formule	Tabele cu coeficienți
Cilindrice fără flanșă	1, a 2-a și următoarele	$F = \pi D_1 \delta \sigma_r k_1$ $F = \pi D_i \delta \sigma_r k_2$	9.16 9.17
Cilindrice cu flanșă lată	1	$F = \pi D_1 \delta \sigma_r k_f$	9.18
Conice și sferice cu flanșă	1	$F = \pi D_c \delta \sigma_r k_f$	9.18
Cutii ovale	1, a 2-a și următoarele	$F = \pi D_{m1} \delta \sigma_r k_1$ $F = \pi D_{mi} \delta \sigma_r k_2$	9.16 9.17
Cutii dreptunghiulare joase (o singură operație)		$F = (2A + 2B - 1,72r)\delta \sigma_r k_j$	9.19
Cutii dreptunghiulare înalte (mai multe operații)	1 și a 2-a Următoarele	Ca la cutii ovale $F = (2A + 2B - 1,72r)\delta \sigma_r k_i$	9.17 9.20

Notații: D_1, D_i — Diametrele semifabricatelor (pieselor) cilindrice după prima, respectiv a i-a operație de ambutisare, măsurate la linia medie, în mm.
D_c — Diametrul mic al piesei conice și 0,5 din diametrul piese sferice, în mm.
D_{m1}, D_{mi} — diametrul mediu al semifabricatului (piesei) ovale după prima, respectiv a i-a operație de ambutisare, în mm.
A, B, r — lungimea, lățimea și raza de racordare a pereților cutiei dreptunghiulare, în mm.

9.4.3.2. DETERMINAREA NUMĂRULUI ŞI SUCCESIUNII OPERAŢIILOR. Pentru a evita ruperea materialului în decursul operaţiei de ambutisare, se impune ca forţa de ambutisare să fie mai mică decît cea de tăiere a materialului, adică

$$2\pi R_i \delta \sigma_{amb} < 2\pi R_i \delta \sigma_r.$$

De aici rezultă anumite valori limită minim admisibile la prelucrare pentru raportul $m_n = \dfrac{d_n}{d_{n-1}}$, denumit coeficient de ambutisare. Aceste valori se indică în tabelele 9.21 ... 9.23.

Numărul n de operaţii necesare la ambutisarea unui vas cilindric de diametru d_n, pornind de la un semifabricat circular plan de diametru D, se determină cunoscînd că:

$$d_1 = m_1 D; \quad d_2 = m_2 d_1 = m_1 m_2 D; \quad d_n = m_1 m_2 \ldots m_n D$$

şi aproximînd $m_2 = m_3 = \ldots = m_n$, de unde

$$n = 1 + \frac{\log d_n - \log(m_1 D)}{\log m_2}. \quad (9.16)$$

La ambutisarea pieselor de altă formă decît cilindrică, numărul operaţiilor necesare se determină, avînd în vedere următoarele:

Piesele conice Piesele conice se împart în mai multe tipuri, în funcţie de mărimea raportului $\dfrac{h}{d}$ (dintre înălţimea h şi diametrul mediu d al piesei) şi a unghiului de înclinare a pereţilor α:

Piesele joase, cu $\dfrac{h}{d} = 0{,}1 \ldots 0{,}25$ şi $\alpha = 50 \ldots 80°$, se execută printr-o singură

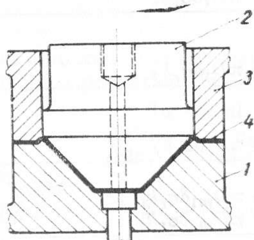


Fig. 9.13. Ştanţă pentru ambutisarea pieselor conice joase:
1 — placă de ambutisare cu nervuri de întindere a materialului; 2 — poanson; 3 — placă de fixare; 4 — semifabricat

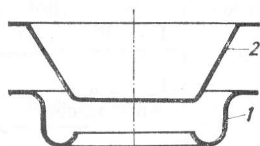


Fig. 9.14. Succesiunea operaţiilor de ambutisare a pieselor conice cu înălţime medie

operaţie, cu fixarea materialului, folosind eventual o placă activă cu nervuri de întindere a materialului (fig. 9.13).

Piesele de înălţime medie, cu $\dfrac{h}{d} = 0{,}3 \ldots 0{,}7$ şi $\alpha = 15 \ldots 45°$, se execută de regulă prin două operaţii *1* şi *2*, schematizate în fig. 9.14.

Tabelul 9.16

Valoarea coeficientului k_1 pentru calculul forţei de ambutisare [12]

$\frac{\delta}{D} \cdot 100$	Valoarea coeficientului k_1 pentru coeficientul de ambutisare la prima operaţie m_1									
	0,45	0,48	0,50	0,52	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
5,0	0,95	0,85	0,75	0,65	0,60	0,50	0,43	0,35	0,28	0,20
2,0	1,10	1,00	0,90	0,80	0,75	0,60	0,50	0,42	0,35	0,25
1,2		1,10	1,00	0,90	0,80	0,68	0,56	0,47	0,37	0,30
0,8			1,10	1,00	0,90	0,75	0,60	0,50	0,40	0,33
0,5	Domeniul			1,10	1,00	0,82	0,67	0,55	0,45	0,36
0,2	de				1,10	0,90	0,75	0,60	0,50	0,40
0,1	rupere					1,10	0,90	0,75	0,60	0,50

Observaţie. La raze de racordare mici ($r = 4 \ldots 6\delta$) coeficientul k_1 se ia cu 5% mai mare, iar domeniul de rupere creşte puţin.

Tabelul 9.17

Valoarea coeficientului k_2 pentru calculul forţei de ambutisare [12]

$\frac{\delta}{D} \cdot 100$	$\frac{\delta}{d_1} \cdot 100$	Valoarea coeficientului k_2 pentru mărimea coeficientului de ambutisare m_2									
		0,70	0,72	0,75	0,78	0,80	0,82	0,85	0,88	0,90	0,92
5,0	11	0,85	0,70	0,60	0,50	0,42	0,32	0,28	0,20	0,15	0,12
2,0	4	1,10	0,90	0,75	0,60	0,52	0,42	0,32	0,25	0,20	0,14
1,2	2,5		1,10	0,90	0,75	0,62	0,52	0,42	0,30	0,25	0,16
0,8	1,5			1,10	0,82	0,70	0,57	0,46	0,35	0,27	0,18
0,5	0,9	Domeniul		1,10	0,90	0,76	0,63	0,50	0,40	0,30	0,20
0,2	0,3	de			1,00	0,85	0,70	0,56	0,44	0,33	0,23
0,1	0,15	rupere			1,10	1,00	0,82	0,68	0,55	0,40	0,30

Tabelul 9.18

Valoarea coeficientului k_f pentru calculul forței de ambutisare [12]

$\frac{d_f}{d}$	Mărimea coeficientului k_f, pentru mărimea coeficientului de ambutisare m_1										
	0,35	0,38	0,40	0,42	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
3,0	1,0	0,9	0,83	0,75	0,68	0,56	0,45	0,37	0,30	0,23	0,18
2,8	1,1	1,0	0,90	0,83	0,75	0,62	0,50	0,42	0,34	0,26	0,20
2,5		1,1	1,0	0,9	0,82	0,70	0,56	0,46	0,37	0,30	0,22
2,2			1,1	1,0	0,90	0,77	0,64	0,52	0,42	0,33	0,25
2,0				1,1	1,0	0,85	0,70	0,58	0,47	0,37	0,28
1,8	Domeniul				1,1	0,95	0,80	0,65	0,53	0,43	0,33
1,5	de					1,10	0,90	0,75	0,62	0,50	0,40
1,3	rupere						1,0	0,85	0,70	0,56	0,45

Observație. d_f reprezintă diametrul flanşei. Cînd se lucrează cu scule prevăzute cu nervuri de întindere, valoarea lui k_f se măreşte cu 10 . . . 20%.

Tabelul 9.19

Valoarea coeficientului k_j pentru calculul forței de ambutisare [12]

Raportul $\frac{h}{B}$ pentru $\frac{\delta}{D}100$				Coeficientul k_j pentru $\frac{r}{B}$				
2 . . . 1,5	1,5 . . . 1,0	1,0 . . . 0,5	0,5 . . . 0,2	0,3	0,2	0,15	0,10	0,05
1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	—	—	—	—
1,0	0,95	0,9	0,85	0,7	0,8	—	—	—
0,90	0,85	0,76	0,70	0,6	0,7	0,8	—	—
0,75	0,70	0,65	0,60	0,5	0,6	0,7	0,8	—
0,60	0,55	0,50	0,45	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0,40	0,35	0,30	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

Observație. h reprezintă înălţimea cutiei dreptunghiulare, iar B – lăţimea cutiei dreptunghiulare

Tabelul 9.20

Valoarea coeficientului k_i pentru calculul forței de ambutisare [12]

			Coeficientul k_i pentru $\frac{r}{B}$				
$\frac{\delta}{D}100$	$\frac{\delta}{d_1}100$	$\frac{\delta}{d_2}100$	0,3	0,2	0,15	0,10	0,05
2,0	4,0	5,5	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
1,2	2,5	3,0	0,50	0,60	0,75	0,80	1,0
0,8	1,5	2,0	0,55	0,65	0,80	0,90	1,1
0,5	0,9	1,1	0,60	0,75	0,90	1,0	—

Tabelul 9.21

Valori ale coeficienților de ambutisare pentru piese cilindrice fără flanşă, la ambutisare cu fixarea materialului [12]

Coeficientul de ambutisare	Mărimea coeficientului pentru raportul $\frac{\delta}{D}100$				
	2 . . . 1,5	1,5 . . . 1,0	1,0 . . . 0,5	0,5 . . . 0,2	0,2 . . . 0,06
m_1	0,46—0,50	0,50—0,53	0,53—0,55	0,55—0,58	0,58—0,60
m_2	0,73—0,75	0,75—0,76	0,76—0,78	0,78—0,79	0,79—0,80
m_3	0,76—0,78	0,78—0,79	0,79—0,80	0,80—0,81	0,81—0,82
m_4	0,78—0,80	0,80—0,81	0,81—0,82	0,82—0,83	0,83—0,85
m_5	0,80—0,82	0,82—0,84	0,84—0,85	0,85—0,86	0,86—0,87

Observații. Valorile din tabel se referă la TDA sau alamă moale. La ambutisarea metalelor mai puţin plastice, coeficienţii de ambutisare se vor lua cu (10 . . . 15)% mai mari, iar la materialele mai plastice, cu (13 . . . 20) % mai mici, ca cei din tabel. Valorile mai mici ale coeficienţilor de ambutisare se iau în cazul cînd razele de racordare sînt mai mari, $r = (8 \ldots 15)\ \delta$, iar valorile mai mari în cazul razelor mai mici, $r = (4 \ldots 8)\ \delta$.

Tabelul 9.22

Valori ale coeficienţilor de ambutisare pentru piese cilindrice fără flanşă, la ambutisare fără fixarea materialului [1]

$\frac{\delta}{D}100$	Coeficientul de ambutisare					
	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6
0,4	0,90	92	—	—	—	—
0,6	0,85	0,90	—	—	—	—
0,8	0,80	0,88	—	—	—	—
1,0	0,75	0,85	0,90	—	—	—
1,5	0,65	0,80	0,84	0,87	0,90	—
2,0	0,60	0,75	0,80	0,84	0,87	0,90
2,5	0,55	0,75	0,80	0,84	0,87	0,90
3,0	0,53	0,75	0,80	0,84	0,87	0,90

Tabelul 9.23

Valori ale coeficientului de ambutisare pentru prima operaţie, la piese cilindrice cu flanşă [12]

$\frac{d_f}{d}$	Mărimea coeficientului de ambutisare m_1 pentru raportul $\frac{\delta}{D}100$				
	2 ... 1,5	1,5 ... 1,0	1,0 ... 0,5	0,5 ... 0,2	0,2 ... 0,06
Pînă la 1,1	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59
1,3	0,49	0,51	0,53	0,54	0,55
1,5	0,47	0,49	0,50	0,51	0,52
1,8	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48
2,0	0,42	0,43	0,44	0,45	0,45
2,2	0,40	0,41	0,42	0,42	0,42
2,5	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38
2,8	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35

Observaţie. Pentru operaţiile următoare, valoarea coeficienţilor de ambutisare se ia egală cu cea de la ambutisarea pieselor cilindrice fără flanşă. Diametrul exterior al flanşei, obţinut în urma primei operaţii de ambutisat, rămîne neschimbat la operaţiile următoare.

Piesele înalte, cu $\frac{h}{d} > 0,8$ şi $\alpha \leqslant 10°$, cît şi

Piesele înalte cu vîrf cu $\alpha \leqslant 40°$, se execută printr-o succesiune de mai multe operaţii *1—7*, după una din variantele *a* şi *b*, schematizate în fig. 9.15.

Coeficienţii de ambutisare, precizaţi ca rapoarte ale diametrilor medii, dinainte şi de după operaţia dată de ambutisare, pentru primele două tipuri de piese conice se iau aproximativ egali cu cei daţi pentru piese cilindrice, iar valorile lor pentru piese conice înalte şi înalte cu vîrf se indică în tabelul 9.24.

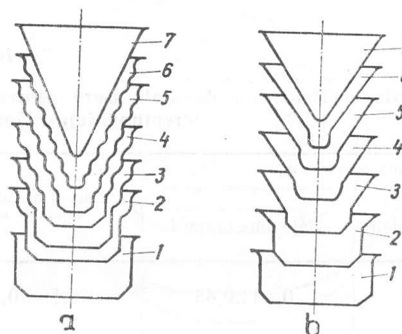


Fig. 9.15. Variante ale succesiunii operaţiilor de ambutisare a pieselor conice înalte cu vîrf.

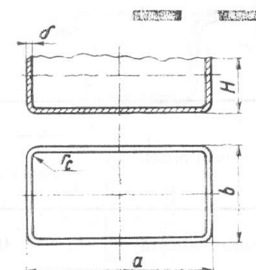


Fig. 9.16. Piesă ambutisată cu contur dreptunghiular

Piesele cu contur dreptunghiular. Piesele cu contur dreptunghiular se împart în două grupe: piese cu înălţime mică, cu $\frac{H}{b} \leqslant 0,6 \ldots 0,8$, şi piese înalte, cu $\frac{H}{b} > 0,6 \ldots 0,8$ (fig. 9.16).

Tabelul 9.24

Valori ale coeficientului de ambutisare pentru piese conice înalte şi înalte cu vîrf [12]

$\frac{\delta}{d_{n-1}}100$	0,5	1,0	1,5	2,0
$m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}$	0,85	0,80	0,75	0,70

Piesele dreptunghiulare joase se ambutisează de regulă printr-o singură operaţie, dacă $\frac{H}{r_c} \leqslant 10$. În caz contrar numărul necesar de operaţii n se determină ca la ambutisarea pieselor cilindrice.

Valoarea coeficientului total de ambutisare se obţine din relaţia

$$m = \frac{1}{\sqrt{1 + 2\dfrac{M}{r_c}}}. \tag{9.17}$$

Coeficienţii de ambutisare admişi la execuţia pieselor joase, de formă dreptunghiulară, se indică în tabelul 9.25.

Tabelul 9.25

Valori ale coeficienţilor de ambutisare pentru piese dreptunghiulare joase [7]

Materialul piesei	Prima operaţie m_1		A doua şi următoarele operaţii m_2
	O operaţie de ambutisare	Mai multe operaţii	
Oţel moale, alamă	0,35...0,40	0,40...0,45	0,50...0,55
Aluminiu şi aliajele lui	0,40...0,45	0,45...0,50	0,55...0,60

Piesele dreptunghiulare înalte se execută prin mai multe operaţii. O variantă de realizare constă în executarea unor semifabricate intermediare de formă ovală şi în final executarea piesei dreptunghiulare, ca în fig. 9.17.

Numărul operaţiilor necesare se stabileşte în funcţie de coeficientul total de ambutisare m_t şi grosimea relativă a semifabricatului, exprimată prin raportul $\frac{\delta}{L + l}\,50$ la semifabricate ovale.

Coeficientul de ambutisare total are valoarea

$$m_t = 1{,}27\,\frac{A + B}{L + l}. \tag{9.18}$$

Numărul de operaţii necesar pentru executarea pieselor dreptunghiulare înalte rezultă din tabelul 9.26.

Dimensiunile semifabricatului oval se iau de:

$$L = 1{,}13\,\sqrt{B^2 + 4B\,(H - 0{,}43\,r) - 1{,}72r\,(H + 0{,}33\,r)} + A - B \tag{9.19}$$

$$l = 1{,}13\,\sqrt{B^2 + 4B\,(H - 0{,}43\,r) - 1{,}72r\,(H + 0{,}33\,r)}\,\frac{B - 2r}{A - 2r} + [B + 2\,(H - 0{,}43\,r)]\,\frac{A - B}{A - 2r}. \tag{9.20}$$

Raza de curbură $R_{c\,n-1}$ cu care se prevede semifabricatul obţinut la penultima operaţie, înainte de a trece la forma finită dreptunghiulară a piesei, se calculează cu relaţia

$$R_{c\,n-1} = \frac{B - 0{,}43\,r}{1{,}57\,m_m}, \tag{9.21}$$

în care m_m este coeficientul mediu de ambutisare, avînd mărimea de 0,90 ... 0,95.

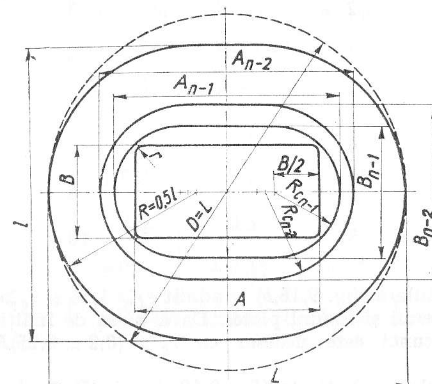


Fig. 9.17. Succesiunea conturului la operaţiile de ambutisare a pieselor înalte cu contur dreptunghiular

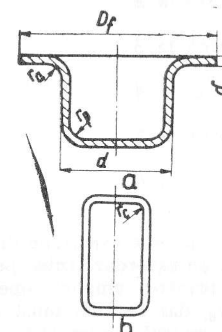


Fig. 9.18. Dimensiuni ale pieselor ambutisate

Tabelul 9.26

Numărul operaţiilor necesare la ambutisarea pieselor dreptunghiulare înalte [12]

Numărul operaţiilor	Coeficientul total de ambutisare m_t pentru $\frac{\delta}{D}\,100$ sau $\frac{\delta}{L + l}\,50$			
	2,0 . . 1,5	1,5 . . . 1,0	1,0 . . . 0,5	0,5 . . . 02
2 ambutisări	0,40...0,45	0,43...0,48	0,45...0,50	0,47...0,53
3 ambutisări	0,32...0,39	0,34...0,42	0,36...0,44	0,38...0,46
4 ambutisări	0,25...0,30	0,27...0,32	0,28...0,34	0,30...0,36
5 ambutisări	0,20...0,24	0,22...0,26	0,24...0,27	0,25...0,29

9.4.3.3. CONDIŢII PRIVIND FORMA ŞI PRECIZIA PIESELOR AMBUTISATE. **Condiţii privind forma pieselor realizate prin ambutisare fără subţierea pereţilor.** În acest sens, se dau următoarele:

— Razele minime de racordare (fig. 9.18) care se pot obţine în final, printr-o succesiune de ambutisări, se indică în tabelul 9.27. Printr-o operaţie suplimentară de calibrare aceste raze se pot reduce pînă la valorile de $r_p = 0{,}25\,\delta$ şi $r_a = (0{,}1 \ldots 0{,}3)\,\delta$.

Tabelul 9.27

Raze minime de racordare ce se pot obține prin ambutisare [7]

Grosimea materialului δ, mm	r_p mm	r_a mm
Pînă la 1	2	3
Peste 1 pînă la 2	3	5
Peste 2 pînă la 3	5	6
Peste 3 pînă la 4	6	7
Peste 4 pînă la 5	7	8
Peste 5 pînă la 6	8	10

Pentru piese cu secțiune dreptunghiulară (fig. 9,18,*b*) se admit $r_f \geqslant 1,5\delta$ şi $r_c \geqslant 3\delta$, r_f fiind raza de racordare între pereții laterali și fundul piesei. Dacă piesa de înălțime *H* se obține printr-o singură operație, atunci este necesar ca $r_c \geqslant (0,2 ... 0,25)H$, iar $r_f > 0,3\ r_c$, dar nu mai mică de 3δ.

— Diametrul minim al flanșei pieselor ambutisate (fig. 9,18,*a*) se ia $D_f \geqslant d + 12\ \delta$.

Precizia pieselor obținute prin ambutisare fără subțierea pereților. Valorile orientative legate de precizia acestor piese sînt indicate în tabelurile 9,28 ... 9,30.

Tabelul 9.28

Valorile abaterilor înălțimii pieselor cilindrice ambutisate fără flanșă [6]

Grosimea materialului mm	Înălțimea piesei, mm						
	<18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260
< 1	±0,5	±0,6	±0,8	±1,0	±1,2	±1,5	±1,8
1–2	±0,6	±0,8	±1,0	±1,2	±1,5	±1,8	±2,0
2–4	±0,8	±1,0	±1,2	±1,5	±1,8	±2,0	±2,5
4–6	±1,0	±1,2	±1,5	±1,8	±2,0	±2,5	±3,0

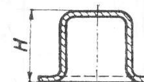
Tabelul 9.29

Valorile abaterilor diametrului pieselor cilindrice ambutisate fără flanșă [6]

Grosimea materialului, mm	Diametrul piesei, mm			Grosimea materialului, mm	Diametrul piesei, mm		
	Pînă la 50	50–120	120–260		Pînă la 50	50–120	120–260
0,5	±0,12	—	—	2,0	±0,4	±0,5	±0,7
0,6	±0,15	±0,2	—	2,5	±0,45	±0,6	±0,8
0,8	±0,2	±0,25	±0,3	3,0	±0,5	±0,7	±0,9
1,0	±0,25	±0,3	±0,4	4,0	±0,6	±0,8	±1,0
1,2	±0,3	±0,35	±0,5	5,0	±0,7	±0,9	±1,1
1,5	±0,35	±0,4	±0,6	6,0	±0,8	±1,0	±1,2

Tabelul 9.30

Valorile abaterilor înălțimii pieselor cilindrice ambutisate cu flanșă [6]



Grosimea materialului, mm	Înălțimea piesei, mm						
	Pînă la 18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260
Pînă la 1	±0,3	±0,4	±0,5	±0,6	±0,8	±1,0	±1,2
De la 1 la 2	±0,4	±0,5	±0,6	±0,7	±0,9	±1,2	±1,4
De la 2 la 4	±0,5	±0,6	±0,7	±0,8	±1,0	±1,4	±1,6
De la 4 la 6	±0,6	±0,7	±0,8	±0,9	±1,2	±1,6	±1,8

9.4.3.4. DIMENSIONAREA SEMIFABRICATELOR PENTRU PIESE AMBUTISATE. **Stabilirea dimensiunilor semifabricatului pentru piese de revoluţie.** La ambutisarea fără subţierea pereţilor, neglijînd variaţia de grosime a pereţilor piesei, dimensiunile semifabricatului plan se determină pe baza egalităţii ariei suprafeţei acestuia cu cea a piesei finite, la care se adună adaosul pentru tăierea marginilor.

La piese de revoluţie, semifabricatul este de formă circulară.

Determinarea diametrului D al semifabricatului se face prin metoda analitică (la piese cu formă relativ simplă) sau grafică (la piese de formă complicată).

Metoda analitică:

Se determină lungimea L a curbei generatoare cît şi distanţa r de la centrul de greutate al curbei pînă la axa de rotaţie. Suprafaţa generată prin rotirea curbei respective în jurul axei $y-y$ este dată de relaţia $A = 2\pi r L$ care, egalată cu aria semifabricatului $\frac{\pi D^2}{4}$, permite deducerea valorii lui D.

Metoda grafică:

Curba generatoare a suprafeţei de revoluţie se divide într-o serie de porţiuni de lungime l_i, care se pot considera aproximativ drepte.

Se stabileşte poziţia centrelor de greutate ale porţiunilor respective. În aceste puncte (centre de greutate) se consideră aplicate nişte forţe de acelaş sens şi paralele cu axa

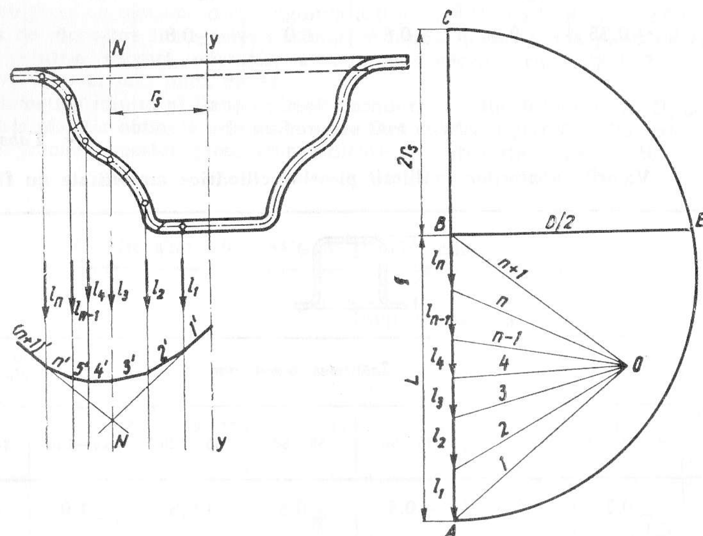


Fig. 9.19. Determinarea grafică a dimensiunilor semifabricatelor pentru piese de revoluţie ambutisate

de rotaţie $y-y$, de mărime proporţională cu greutatea, respectiv lungimea porţiunilor corespunzătoare, ca în fig. 9.19.

Cu ajutorul poligonului funicular se găseşte linia de acţiune $N-N$ a rezultantei acestor forţe şi în acelaş timp şi distanţa r_s dintre $N-N$ şi $y-y$.

Întrucît relaţia de egalitate a ariei suprafeţelor semifabricatului şi piesei se poate reduce la forma

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 = 2r_s\,L,$$

razei semifabricatului îi va corespunde înălţimea unui triunghi dreptunghic, coborîtă din vîrful unghiului drept şi care împarte ipotenuza în două segmente de mărime $2r_s$ şi L (ca medie geometrică a acestor segmente).

Deci, pe segmentul AC (fig. 9.19) de mărime egală cu $\Sigma l_i + 2r_s$, considerat diametru, se descrie un semicerc. Mărimea perpendicularei BE ridicată pe diametrul AC în punctul B distanţat faţă de A cu mărimea Σl_i corespunde mărimii razei semifabricatului $\frac{D}{2}$.

Stabilirea dimensiunilor semifabricatului pentru piese dreptunghiulare. În cazul pieselor dreptunghiulare de înălţime mică se adoptă pentru semifabricat forma şi dimensiunile din fig. 9.20.

În această construcţie, raza de racordare r_1 a semifabricatului se ia

$$r_1 = \sqrt{2r_c h + 1{,}41\, r_c r_f}; \qquad (9.22)$$

e şi f reprezintă mijloacele segmentelor ab respectiv cd, puncte prin care se trasează tangentele gh şi ij la arcul de cerc avînd centrul în A, tangente care se racordează

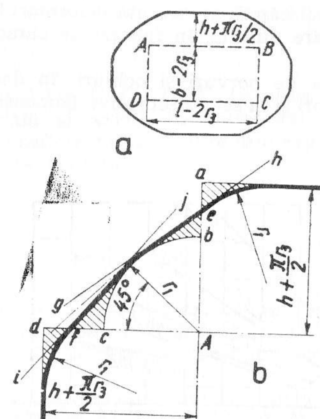


Fig. 9.20. Dimensionarea semifabricatelor pentru piese dreptunghiulare de înălţime mică:

a — forma semifabricatului; *b* — construcţia conturului în colţurile semifabricatului

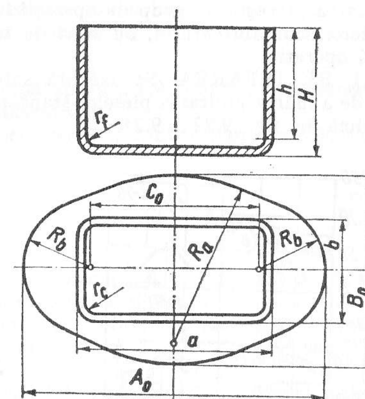


Fig. 9.21. Dimensionarea semifabricatelor pentru piese dreptunghiulare înalte

cu marginile drepte ale semifabricatului prin arcele de cerc avînd centrele în x şi y. Semnificaţia lui r_c, r_f şi h se vede în fig. 9.20.

Pentru piese dreptunghiulare înalte (fig. 9.21), forma semifabricatului este ovală, avînd dimensiunile:

distanţa C_0 dintre focare,

$$C_0 = \sqrt{(a - b)\,(a + b - 0{,}76\, r_c)}\,; \qquad (9.23)$$

aria suprafeţei semifabricatului,

$$A_s = ab - 0,86\, r_e^2 + 2(a + b - 0,86\, r_c)\ (H - 0,43\, r_f); \qquad (9.24)$$

lăţimea semifabricatului,

$$B_0 = \sqrt{1,27\, A_s - 0,5\, C_0^2}; \qquad (9.25)$$

lungimea semifabricatului,

$$A_0 = \sqrt{B_0^2 + C_0^2} = \sqrt{1,27\, A_s + 0,5\, C_0^2}; \qquad (9.26)$$

razele de rotunjire,

$$R_b = \frac{0,707\, B_0}{\sqrt{\left(\frac{A_0}{B_0}\right)^2 + 1}}; \qquad R_a = \frac{A_0^2 + B_0^2 - 4\, A_0 R_b}{4\,(B_0 - 2R_b)}. \qquad (9.27)$$

9.4.4. FASONAREA

Fasonarea priveşte un grup de operaţii în cadrul cărora se execută deformări locale ale suprafeţei semifabricatului, cu stări de tensionare diferite, în funcţie de caracterul concret al operaţiei.

9.4.4.1. RELIEFAREA. Se execută sub formă de nervuri şi ochiuri, în deosebi cu scopul de a mări rigiditatea pieselor ştanţate, uneori şi în scop decorativ. Dimensiunile lor se indică în fig. 9.22 ... 9.24.

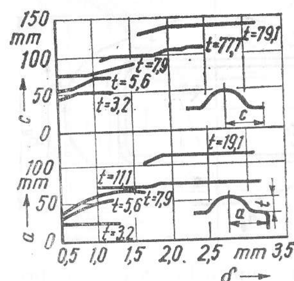


Fig. 9.22. Distanţe de poziţionare a nervurilor de rigidizare [2]

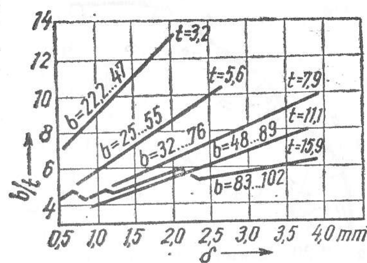


Fig. 9.23. Dimensiuni ale nervurilor de rigidizare [2]

Forţa necesară pentru realizarea nervurilor de rigidizare se aproximează cu relaţia

$$F = (0,6 \dots 0,9)\ L\delta\sigma_r, \qquad (9.28)$$

iar pentru executarea unor reliefuri de suprafeţe mai reduse

$$F = kA\delta^2, \qquad (9.29)$$

în care: L este lungimea perimetrului nervurii; A — aria suprafeţei plane supuse operaţiei de reliefare; k — coeficient ce depinde de natura materialului: pentru oţel k = = 20 ... 30, alamă 15 ... 20, aluminiu 8 ... 15 daN/mm⁴

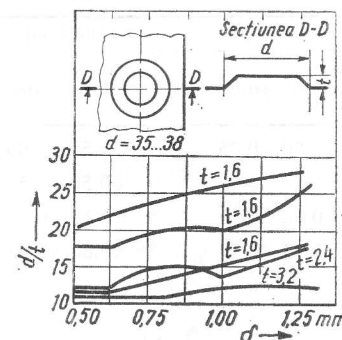


Fig. 9.24. Dimensiuni ale ochiurilor de rigidizare [2]

9.4.4.2. GÎTUIREA. Gîtuirea determină apariţia solicitărilor de compresiune tangenţială şi axială în materialul semifabricatului.

Coeficientul de gîtuire este exprimat prin raportul dintre diametrele de după şi dinainte de operaţie

$$K_{gn} = \frac{d}{d_{n-1}}. \qquad (9.30)$$

Pentru cazul unor coeficienţi de gîtuire prea mici, datorită stării de tensionare a materialului, se formează cute pe porţiunea gîtuită şi apare umflarea semifabricatului în zona de sub porţiunea gîtuită. Acolo unde pericolul unor asemenea defecte este mai mare, se va proceda la gîtuire cu sprijinire exterioară şi interioară, sau numai exterioară.

Valorile minime admise pentru coeficientul de gîtuire de la prima operaţie se indică în tabelul 9.31.

Pentru operaţiile următoare, aceste valori se majorează cu 10 ... 15%.

Valoarea coeficientului de gîtuire K_g variază în funcţie de raportul dintre grosimea δ a pereţilor şi diametrul d al semifabricatului, cît şi de conicitatea α sub care se realizează gîtuirea, după cum se prezintă în fig. 9.25.

Înălţimea necesară a semifabricatului, determinată în baza invariabilităţii volumului de material în cursul deformării plastice, se indică, pentru diferite cazuri, în tabelul 9.32.

Forţa de gîtuire se calculează cu relaţia

$$F = 1,6\ \frac{d\,\delta\sigma_r}{K\cos\alpha}. \qquad (9.31)$$

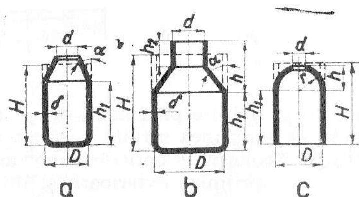
Tabelul 9.31

Valori minime ale coeficientului de gîtuire [7]

Material	Tipul ştanţei		
	Fără sprijin	Cu sprijin exterior	Cu sprijin exterior şi interior
Oţel moale	0,70–0,75	0,55–0,60	0,30–0,35
Alamă	0,65–0,70	0,50–0,55	0,27–0,32
Aluminiu	0,68–0,72	0,53–0,57	0,27–0,32
Duraluminiu moale	0,73–0,80	0,60–0,63	0,35–0,40
Duraluminiu tare	0,75–0,80	0,68–0,72	0,40–0,43

Tabelul 9.32

Relaţii de calcul a înălţimii semifabricatului la gîtuire [7]



a	$H = 1{,}05\left[h_1 + \frac{D^2 - d^2}{8D\sin\alpha}\left(1 + \sqrt{\frac{D}{d}}\right)\right]$
b	$H = 1{,}05\left[h_1 + h\sqrt{\frac{d}{D}} + \frac{D^2 - d^2}{8D\sin\alpha}\left(1 + \sqrt{\frac{D}{d}}\right)\right]$
c	$H = h_1 + \frac{1}{4}\left(1 + \sqrt{\frac{D}{d}}\right)\sqrt{D^2 - d^2}$

9.4.4.3. UMFLAREA. La umflare, apar solicitări locale de întindere tangenţială şi axială, deformarea ducînd la subţierea pereţilor în zona respectivă.

Coeficientul de umflare K_u este dat de raportul diametrului maxim de după umflare d_f şi diametrul semifabricatului cilindric d

$$K_u = \frac{d_f}{d}. \quad (9.32)$$

Valorile lui K_u se indică în tabelul 9.33.

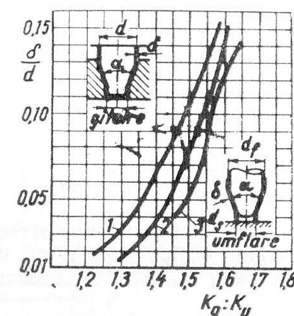


Fig. 9.25. Variaţia coeficientului de gîtuire şi umflare [12]: *1* – gîtuire la $\alpha = 40°$; *2* – gîtuire la $\alpha = 20°$; *3* – umflare la $\alpha = 40°$

Tabelul 9.33

Valori ale coeficientului de umflare [12]

Materialul	Raportul $\frac{\delta}{D}$ 100			
	0,45–0,35		0,32–0,28	
	ecruisat	recopt	ecruisat	recopt
Oţel moale	1,10	1,20	1,05	1,15
Aluminiu	1,20	1,25	1,15	1,20

Înălţimea necesară a semifabricatului L_s se ia

$$L_s = (1 - \varepsilon_m)\, L_p + a, \quad (9.33)$$

în care: L_p este lungimea piesei; a – adaosul de tăiere; ε_m – lungirea tangenţială specifică medie

$$\varepsilon_m = (0{,}4 \ldots 0{,}5)\,\frac{d_f - d_s}{d} = 0{,}4 \ldots 0{,}5(K_u - 1).$$

9.4.4.4. RĂSFRÎNGEREA. Răsfrîngerea se referă fie la marginile orificiilor din piese, fie la marginile conturului exterior al piesei.

Răsfrîngerea marginilor orificiilor din piese determină întinderea tangenţială a materialului, provocînd subţierea grosimii pereţilor porţiunii răsfrînte. Pentru a mări înălţimea porţiunii răsfrînte se execută uneori resfrîngere cu subţierea intenţionată a pereţilor, printr-un joc dintre poason şi placa activă de mărime mai redusă decît grosimea semifabricatului (subţiere la 0,4 ... 0,5 δ).

Coeficientul de răsfrîngere K_r este dat de raportul dintre diametrul d al orificiului din semifabricat şi diametrul răsfrînt d_1 (fig. 9.26)

$$K_r = \frac{d}{d_1}. \tag{9.34}$$

Valoarea limită a lui K_r se poate preciza funcţie de lungirea specifică la rupere a fibrei extreme, întinse cel mai puternic

$$K_{r\,min} = \frac{1}{1 + \varepsilon_r}. \tag{9.35}$$

Mărimile admisibile ale lui K_r se indică în tabelul 9.34.

Pentru cazul răsfrîngerii marginii orificiilor de formă dreptunghiulară, coeficientul de răsfrîngere K_{rd} se ia de (0,85... 0,9) K_r, K_r fiind coeficientul indicat pentru orificii circulare.

Raza de racordare r cu porţiunea răsfrîntă se ia în funcţie de grosimea δ a semifabricatului, de r = (3... 5) δ pentru $\delta < 2$ mm şi r = (2... 3) δ pentru $\delta > 2$ mm.

Tabelul 9.34

Valori ale coeficientului de răsfrîngere [12]

Forma poansonului de răsfrîngere	Modalitatea obţinerii orificiului	Raportul $\frac{d}{\delta}$										
		100	50	35	20	15	10	8	6,5	5	3	1
Sferic	cu burghiu	0,70	0,60	0,52	0,45	0,40	0,36	0,33	0,31	0,30	0,25	0,20
	perforat	0,75	0,65	0,57	0,52	0,48	0,45	0,44	0,43	0,42	0,42	—
Cilindric	cu burghiu	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,42	0,40	0,37	0,35	0,30	0,25
	perforat	0,85	0,75	0,65	0,60	0,55	0,52	0,50	0,50	0,48	0,47	—

Diametrul d al orificiului de răsfrînt, după care se execută semifabricatul, se determină în baza invariaţiei lungimii fibrei neutre aproximate la mijlocul grosimii semifabricatului (fig. 9.26)

$$d = D_1 - \left[\pi\left(r + \frac{\delta}{2}\right) + 2h\right] \text{ sau}$$

$$d = D - 2[H - 0{,}43\,r - 0{,}72\,\delta]. \tag{9.36}$$

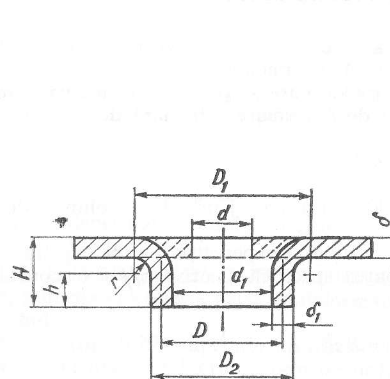


Fig. 9.26. Răsfrîngerea marginilor orificiilor circulare

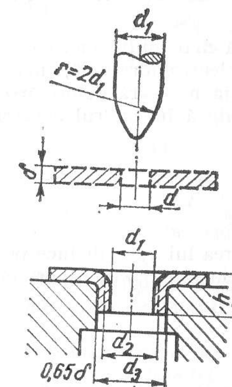


Fig. 9.27. Răsfrîngerea orificiilor mici în vederea filetării lor

Înălţimea totală a piesei răsfrînte este

$$H = \frac{D - d}{2} + 0{,}43\,r + 0{,}72\,\delta, \tag{9.37}$$

din care porţiunea răsfrîntă cilindrică are înălţimea

$$h = \frac{D^2 - d^2 - 2r_1[D(\pi - 2) + 2r_1(\pi - 3)]}{4D}, \tag{9.38}$$

iar

$$r_1 = r + 0{,}5\,\delta. \tag{9.39}$$

La răsfrîngerea orificiilor mici ce urmează a fi filetate, la piese din semifabricate subţiri (fig. 9.27), se adoptă un coeficient de răsfrîngere $K_r = 0{,}45$, subţierea pereţilor fiind $\frac{d_3 - d_1}{2} = 0{,}65\delta$, în care caz înălţimea este h = (2 ... 2,5) δ. Deseori aceste orificii din table subţiri se fac fără o perforare prealabilă, realizîndu-se direct, o străpungere cu răsfrîngere.

Forţa necesară răsfrîngerii marginilor orificiilor circulare se aproximează cu relaţia

$$F = (1{,}5 \ldots 2)\ \pi(D - d)\ \sigma_r. \tag{9.40}$$

În ce priveşte răsfrîngerea marginilor conturului exterior al pieselor, procesul se reduce la cel de răsfrîngere al marginilor orificiilor pentru porţiuni concave de contur, respectiv la un proces de ambutisare pentru porţiuni convexe de contur.

9.4.5. DEFORMĂRI CU PUTERI ŞI VITEZE MARI

Există mai multe metode de deformare cu puteri şi viteze mari: deformarea prin explozii, electrohidraulică, magnetodinamică şi pneumomecanică.

Energia necesară deformării W, funcţie de care se precizează energia care trebuie să fie produsă în cadrul acestor metode de deformare este dată de relaţia

$$W = k_s V\ \ [\mathrm{J}], \tag{9.41}$$

în care K_s este lucrul mecanic specific de deformare, J/m³; V — volumul de material ce se deformează, m³.

Valoarea lui k_s se deduce pornind de la funcţia exponenţială care exprimă mărimea tensiunii efective σ_{ef} în raport cu deformarea specifică efectivă ε_{ef} şi o constantă B a materialului

$$\sigma_{ef} = B\varepsilon_{ef}^{\alpha},$$

care integrată pentru domeniul de deformare de la 0 la ε dă

$$k_s = \int_0^{\varepsilon} \sigma_{ef}\, \mathrm{d}\varepsilon = \int_0^{\varepsilon} B\varepsilon_{ef}^{\alpha}\, \mathrm{d}\varepsilon = \frac{B\varepsilon_{ef}^{1+\alpha}}{1+\alpha}. \tag{9.42}$$

Prin particularizarea relaţiei forţei de deformare pentru momentul formării gîtuirii, se deduce că

$$\alpha = \varepsilon_g,\ \text{iar}\ B = \sigma_{r\,ef}\frac{e^{\varepsilon}}{\varepsilon_{ef}^{\alpha}}. \tag{9.43}$$

9.4.5.1. DEFORMAREA PRIN EXPLOZIE. Energia necesară deformării poate fi produsă prin detonaţie, cu ajutorul explozivilor, sau prin combustie chimică, cu ajutorul unor medii de ardere (praf de puşcă, gaze de combustie). În primul caz se obţine o deformare cu presiune ridicată, în al doilea caz, cu presiuni joase. Variaţia presiunii în funcţie de timp, pentru cele două cazuri *1* şi *2*, se prezintă în fig. 9.28.

În urma exploziei, ia naştere o undă de şoc care se propagă cu o viteză supersonică în toate direcţiile şi produce deformarea semifabricatului de care se loveşte. Viteza şi presiunea undei de şoc este funcţie de mediul prin care aceasta se transmite. În medii mai dense, viteza de propagare este mai mică, dar presiunea mai ridicată.

La deformări se foloseşte atît procedeul formării libere (mediul de transmitere al energiei undei de şoc fiind aerul), cît şi al formării în recipienţi (mediul lichid). În acest din urmă caz, explozivul este introdus într-o capsulă detonatoare, iar amorsarea exploziei se face printr-o scînteie electrică.

Presiunea maximă p_{max} exercitată asupra semifabricatului depinde de natura explozivului (constanta C), cantitatea G a acestuia, forma (exponentul k) şi distanţa R de amplasare a explozivului, fiind dată de relaţia [4]

$$p_{max} = C\left(\frac{G^{1/3}}{R}\right)^k. \tag{9.44}$$

În funcţie de timp, presiunea scade după relaţia

$$p = p_{max}\, e^{-t/n}, \tag{9.45}$$

în care n este caracteristica intensităţii căderii presiunii în funcţie de timp.

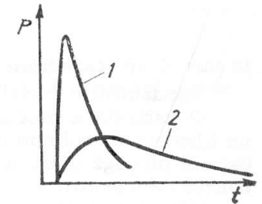


Fig. 9.28. Variaţia presiunii în funcţie de timp la deformarea prin explozie:
1 — detonaţie; *2* — combustie chimică

Energia undei de şoc, raportată la 1 cm² suprafaţă pe care ea se exercită, se exprimă prin relaţia

$$W = \frac{p_{max}^2\, n}{2\rho_0 c_0},\ \ [\mathrm{J/m^2}] \tag{9.46}$$

în care ρ_0 este densitatea mediului, kg/m³; c_0 — viteza sunetului în mediul respectiv, m/s.

9.4.5.2. DEFORMAREA ELECTROHIDRAULICĂ. În cadrul procedeului electrohidraulic, puterile şi vitezele mari de deformare sînt obţinute prin descărcări electrice în mediu lichid.

Instalaţia (fig. 9.29) cuprinde un circuit de încărcare a condensatorilor şi unul de descărcare. Tensiunea de lucru U este de ordinul cîtorva zeci de kilovolţi. Electrozii,

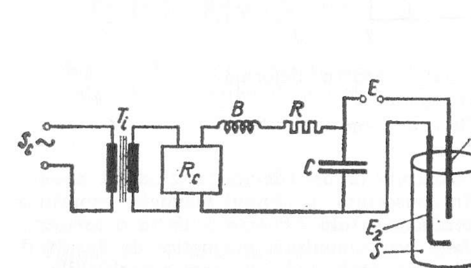


Fig. 9.29. Schema instalaţiei pentru deformare electrohidraulică:
S_c — sursa de curent alternativ; T_i — transformator de înaltă tensiune; R_c — redresor; B — bobina de şoc; R — rezistenţa; C — condensator; E — eclator; E_1 şi E_2 — electrozi; S — semifabricat; S_d — sculă pentru deformare

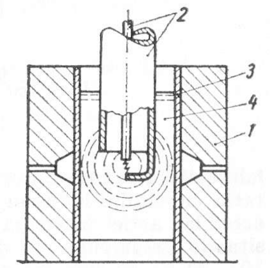


Fig. 9.30. Schema de principiu a sculei pentru deformarea electrohidraulică:
1 — placa de formare; *2* — electrozi; *3* — semifabricat; *4* — mediu fluid

între care se produce scînteia electrică, se plasează în interiorul sculei, în care s-a introdus şi semifabricatul supus deformării (fig. 9.30). Unda de şoc se propagă după o direcţie perpendiculară pe electrozi.

Energia acumulată în condensatoare şi eliberată prin descărcare este dată de relaţia

$$W = \frac{CU^2}{2} \ [J], \tag{9.47}$$

în care: C este capacitatea condensatorilor, F; U — tensiunea la bornele condensatorului, V

Randamentul instalaţiei este de 10 ... 30%.

O variantă a procedeului electrohidraulic constă în utilizarea unui „fir explosiv", un filament de wolfram între electrozi, care se volatilizează în cursul descărcării. Scînteia care se propagă după acest filament va putea fi astfel dirijată după o direcţie cît mai convenabilă pentru deformare. Firul exploziv permite totodată lungirea scînteii, ceea ce prezintă importanţă la deformarea tuburilor mai lungi.

9.4.5.3. DEFORMAREA MAGNETODINAMICĂ. La procedeul magnetodinamic, deformarea semifabricatului se datoreşte interacţiunii dintre cîmpul magnetic impulsiv, obţinut prin descărcarea unui condensator într-o bobină şi cîmpul magnetic al curentului indus în semifabricatul bun conducător de electricitate, situat în interiorul bobinei (fig. 9.31).

În cursul procesului se degajă o cantitate de căldură mare, ceea ce duce la încălzirea semifabricatului şi prin aceasta la reducerea conductibilităţii sale electrice. Semi-

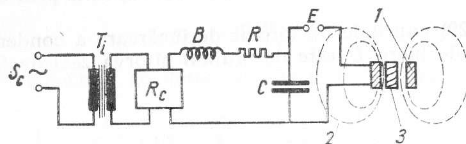


Fig. 9.31. Schema instalaţiei pentru deformarea magnetodinamică:
1 — bobină; 2 — linii de flux; 3 — dispozitiv de lucru

fabricatul avînd în această situaţie conductibilitate redusă, devine neglijabilă intensitatea curentului indus în semifabricat şi, în consecinţă, şi cîmpul magnetic propriu al acestuia. Astfel încetează şi deformarea semifabricatului. Pentru a evita o asemenea situaţie, se impune ca deformarea să se facă prin impulsuri magnetice de durată de 10 ... 20 μs, în care caz pierderile de energie prin căldură devin practic neglijabile.

Lucrul mecanic de deformare a unui semifabricat avînd suprafaţa de arie A, şi care prin deformare se transpune la o distanţă Δl faţă de poziţia sa iniţială este dat în funcţie de valoarea B a inducţiei magnetice, de relaţia

$$W = \frac{B^2}{8\pi} \Delta l A \ [J]. \tag{9.48}$$

Procedeul este folosit la deformarea materialelor bune conducătoare de electricitate (cupru, aluminiu). Pentru materiale cu o conductibilitate electrică mai slabă se impune o cuprare prealabilă a semifabricatului sau să se interpună între bobină şi piesă o foaie de cupru sau aluminiu, ceea ce îmbunătăţeşte considerabil condiţiile de deformare.

9.5. CONSTRUCŢII DE SCULE PENTRU PRELUCRAREA TABLELOR

9.5.1. FOARFECE

Diverse tipuri de foarfece, date privind elementele lor active şi domeniul lor de utilizare se prezintă în tabelul 9.35.

9.5.2. VALŢURI DE ÎNDREPTAT ŞI CURBAT TABLĂ

Valţuri de îndreptat. În fig. 9.32, se schiţează poziţia relativă a valţurilor maşinilor de îndreptat rotative. Numărul valţurilor este de 9 ... 21, la îndreptarea tablelor subţir respectiv de 5 ... 11, la table de grosime mai mare.

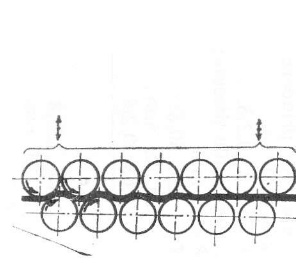


Fig. 9.32. Poziţia relativă a valţurilor maşinilor de îndreptat

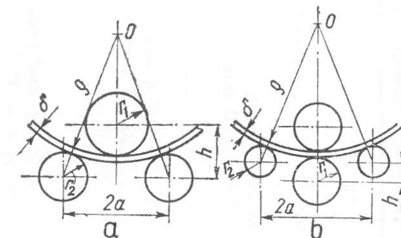


Fig. 9.33. Poziţia relativă a valţurilor maşinilor de curbat tablă:
a — cu 3 valţuri; *b* — cu 4 valţuri

Pasul dintre valţuri, în funcţie de grosimea tablei de îndreptat se indică în tabelul 9.36.

Diametrul valţurilor se ia de 0,9 ... 0,95 din pas.

Valţuri de curbat. Curbarea tablelor se execută cu maşini de curbat rotative cu 3 sau 4 valţuri orizontale (fig. 9.33)

Distanţa h dintre centrele valţurilor, pentru a obţine o curbură de rază ρ, se determină din relaţiile:

— la maşinile cu 3 valţuri (fig. 9.33,*a*),

$$h = \sqrt{(\rho + \delta + r_2)^2 - a^2} - (\rho - r_1) \tag{9.49}$$

respectiv

$$\rho = \frac{(r_2 + \delta)^2 - (h - r_1)^2 - a^2}{2[h - (r_1 + r_2 + \delta)]}; \tag{9.50}$$

Tabelul 9.35

Date constructive şi domeniul de utilizare a foarfecelor

Tipul foarfecei	Schema	Caracteristicile elementelor active	Domeniul de utilizare
1. Foarfecă cu lame paralele	[α, β, δ, L]	$\beta = 75...85°$; $\alpha = 2...3°$. Pentru simplificarea ascuţirii, $\beta = 90°$ şi $\alpha = 0°$. Jocul între lame, $j = 0,05...0,20$ mm	Tăierea benzilor relativ înguste şi groase
2. Foarfecă cu lame înclinate	[α, β, δ, φ, L]	$\varphi = 1...6°$; $\delta \leqslant 4$ mm, $\varphi = 1°...2°30'$; $\delta > 4$ mm, $\varphi = 2°30'...6°$; $\beta = 75...85°$; $\alpha = 2...3°$. Pentru ascuţire mai uşoară, $\beta = 90°$ şi $\alpha = 0°$; $j = 0,05....0,2$ mm	Tăierea tablelor în benzi sau în alte semifabricate mai mici
3. Foarfecă cu o pereche de discuri cu axe paralele	[D, α, h, b]	Unghiul de prindere $\alpha = 14°$; $h = (0,2...0,3)\delta$. Dimensiunile discului $\delta \leqslant 3$ mm $D = (25...50)\delta$; $b = 20...25$ mm; $j = (0,05...0,2)\delta$	Tăierea tablelor în benzi sau în semifabricate circulare
4. Foarfecă cu două sau mai multe perechi de discuri	[J, h, D, b]	$\alpha = 90°$; $D = (40...125)\delta$; $b = 15...30$ mm; $h = 0,5\delta$; $j = (0,1...0,2)\delta$	Tăierea tablei simultan în mai multe benzi

Tabelul 9.36

Mărimea pasului dintre valţuri

Grosimea tablei, mm	0,4...1,5	0,6...2,5	1...4	2...8	4...16	5...20	8...30	12...50
Pasul dintre valţuri, mm	50	65	85	125	200	220	300	400

— la maşinile cu 4 valţuri (fig. 9.33,*b*),

$$h = r_1 + \rho' - (r_2 + \rho')^2 - a^2; \tag{9.51}$$

$$\rho' = \rho + \delta;$$

$$\rho' = \frac{r_2^2 - (r_1 - h)^2 - a^2}{2(r_1 - r_2 - h)}. \tag{9.52}$$

9.5.3. ŞTANŢE

9.5.3.1. TIPURI CONSTRUCTIVE DE ŞTANŢE. În funcţie de combinarea operaţiilor pe care le execută, ştanţele se clasifică în:

— ştanţe simple, care execută o singură tăiere sau deformare plastică, utilizate în cazul producţiei de serie mică.

— ştanţe combinate, care execută o serie de tăieri sau deformări plastice, în mod succesiv (ştanţe cu acţiune succesivă), simultan (ştanţe cu acţiune simultană), sau prin succesiunea de grupe de deformări executate simultan (ştanţe cu acţiune simultan succesivă). Se utilizează la producţia în serie mijlocie, mare şi de masă. Caracteristicile acestora se dă în tabelul 9.37.

9.5.3.2. CONSTRUCŢIA ŞI DIMENSIONAREA ELEMENTELOR COMPONENTE ALE ŞTANŢELOR. **Elementele active ale ştanţelor.** *Plăci active şi poansoane ale ştanţelor pentru operaţii de tăiere.* Există următoarele feluri de plăci active mai frecvent utilizate la ştanţele pentru operaţii de tăiere: placă dintr-o singură bucată, executată din oţel de scule; placă din oţel de construcţie prevăzută cu pastile din material pentru scule în zonele active; placă din segmente separate executate din oţel de scule.

Grosimea H a plăcilor active dintr-o singură bucată se indică în tabelul 9.38.

Forma orificiilor de lucru din plăcile active şi domeniul lor de utilizare este indicat în tabelul 9.39.

Lăţimea B a plăcilor active dintr-o singură bucată se precizează în funcţie de dimensiunea maximă b a piesei decupate, măsurată după o direcţie perpendiculară pe avans, cu relaţia

$$B = b + (3 ... 4)\ H. \tag{9.53}$$

Tabelul 9.37

Caracteristici ale ştanţelor combinate

Indicator	Tipul ştanţei	
	Simultană	Succesivă
Precizia piesei	Ridicată şi medie (clasa 3...5)	Medie şi redusă (clasa 5...8)
Calitatea pieselor decupate	Plane, cu suprafeţe de forfecare bune, datorită fixării materialului	Cu abateri de la planeitate
Dimensiuni maxime ale piesei şi interval de grosimi ale semifabricatului	Funcţie de gabaritul presei, $\delta = (0{,}05...8)$ mm	Pînă la 250 mm, la ambutisarea materialelor cu $\delta = (0{,}2...3)$mm pînă la 500 mm, la tăierea şi îndoirea materialelor cu $\delta \leqslant 10$ mm
Productivitatea	Mai scăzută, datorită îndepărtării relativ greoaie a piesei din sculă	Mai ridicată, datorită posibilităţii de automatizare a alimentării cu semifabricate şi a evacuării pieselor
Protecţia muncii	Scăzută, datorită posibilităţii introducerii mîinii în zona activă a sculei	Ridicată, este exclusă posibilitatea introducerii mîinii în zona activă a sculei

Tabelul 9.38

Grosimea plăcilor de tăiere [12]

b mm	Grosimea H a plăcii active pentru grosimea materialului de decupat, mm		
	Pînă la 1 mm	1– 3mm	3–6 mm
Pînă la 50	$(0{,}3...0{,}4)b$	$(0{,}35...0{,}5)b$	$(0{,}45...0{,}6)b$
50...100	$(0{,}2...0{,}3)b$	$(0{,}22...0{,}35)b$	$(0{,}30...0{,}45)b$
100–200	$(0{,}15...0{,}2)b$	$(0{,}18...0{,}22)b$	$(0{,}22...0{,}30)b$
Peste 200	$(0{,}10...0{,}15)b$	$(0{,}12...0{,}18)b$	$(0{,}15...0{,}22)b$

Tabelul 9.39

Tipuri ale orificiilor active ale plăcilor de tăiere

Tipul orificiului	Schiţa	Domeniu de utilizare
Tipul I cu centură	90°+Δ; h; α	Pentru decuparea pieselor cu formă complicată Valori în funcţie de δ δ_{mm} / h_{mm} / Δ': < 0,5 / 3–5 / 10 0,5–5 / 5–10 / 20 5–10 / 10–15 / 30 $\alpha = 3...5°$
Tipul II conic	α	Pentru decuparea pieselor mici cu formă simplă Valori în funcţie de δ δ_{mm} / α': 0,1–0,5 / 10–15 0,5–1 / 15–20 1–2 / 20–30 2–4 / 30–45 4–6 / 45–60
Tipul III prismatic	90°	Pentru decuparea pieselor mari şi în cazul scoaterii inverse a pieselor
Tipul IV cilindric în trepte	90°+Δ; d; h; d+3	Pentru perforarea orificiilor cu diametrul pînă la 25 mm. Pentru h şi Δ, se admit aceleaşi valori ca la tipul I δ – grosimea materialului de ştanţat

Verificarea rezistenţei la încovoiere a plăcilor active se face cu relaţiile simplificate:
— pentru plăci circulare (fig. 9.34,*a*),

$$\sigma_i = \frac{1{,}5F_t}{H^2}\left(1 - \frac{2d}{3d_0}\right) \leqslant \sigma_{ai}; \quad (9.54)$$

— pentru plăci dreptunghiulare (fig. 34,*b*),

$$\sigma_i = \frac{3F_t}{H^2}\left(\frac{\frac{b}{a}}{1 + \frac{b^2}{a^2}}\right) \leqslant \sigma_{ai}, \quad (9.55)$$

în care F_t este forţa activă totală care apare în procesul de deformare.

Plăcile active cu pastile montate se întrebuinţează de obicei pentru perforarea orificiilor din piese relativ mari.

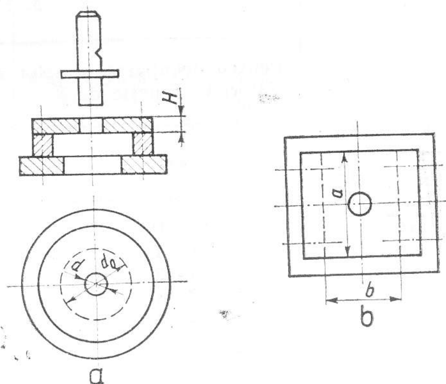


Fig. 9.34. Schema de calcul a rezistenţei plăcilor active:
a — plăci circulare; *b* — plăci dreptunghiulare

Poansoanele ştanţelor pentru operaţii de tăiere pot avea o mare varietate de forme constructive, aşa cum se prezintă în tabelul 9.40.

Lungimea poansoanelor se ia egală cu suma grosimilor următoarelor elemente: placa port-poanson, placa de ghidare sau de desprindere, rigla de ghidare, plus 10 ... 20 mm.

Poansoanele se verifică la compresiune şi flambaj.

La o ştanţă fără placă de ghidare, lungimea maximă admisibilă a poansonului, pentru a evita flambajul, este

$$l = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{4nF_t}}, \quad (9.56)$$

iar la o ştanţă cu placă de ghidare,

$$l = \sqrt{\frac{2\pi^2 EI}{nF_t}}, \quad (9.57)$$

în care: I este momentul de inerţie al secţiunii transversale a poansonului; n — coeficient de siguranţă, care pentru oţel călit se ia de 2 ... 3.

Dimensionarea părţilor de lucru ale elementelor active se face avînd în vedere: a. precizia de execuţie impusă pieselor de realizat, dată prin toleranţa T a acestora; b. asigurarea unui joc minim j_{min} între poanson şi placa de tăiere, pentru care se obţine o calitate corespunzătoare a suprafeţei de tăiere; c. asigurarea unei durabilităţii totale

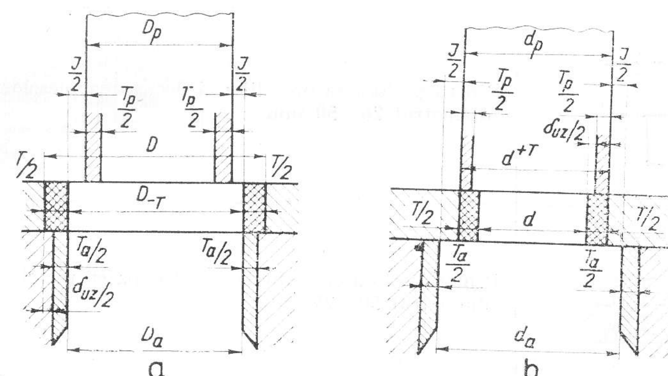


Fig. 9.35. Schemă pentru dimensionarea zonei de lucru a elementelor active ale ştanţelor de tăiere:
a — decupare; *b* — perforare

cît mai ridicate a sculei: d. valoarea toleranţelor T_a şi T_p cu care se execută elementele active ale ştanţei.

Se va avea de asemenea în vedere că dimensiunile piesei decupate corespund dimensiunilor orificiului din placa activă, pe cînd ale orificiilor perforate corespund dimensiunilor poansonului.

Calculul dimensiunilor părţilor de lucru ale elementelor active ale ştanţelor de tăiat se face conform datelor din fig. 9.35 şi tabelele 9.41 ... 9.42.

Plăci active şi poansoane ale ştanţelor de îndoit. În fig. 9.36 se prezintă cazurile de îndoire în U şi V. Valoarea mărimilor ce apar în figură se indică în tabelul 9.43.

În cazul îndoirii fără îndreptare, mărimea jocului pe o parte, dintre elementele active, se calculează cu relaţia

$$j = \delta_{max} + c\delta, \quad (9.58)$$

Tabelul 9.40

Tipuri de poansoane la ştanţe pentru operaţii de tăiere

Tipul poansonului	Domeniul de utilizare
	Pentru perforarea orificiilor cu diametrul pînă la 5 mm, cînd $d > \delta$
	Pentru perforarea orificiilor şi decuparea pieselor cu diametrul 26–50 mm
	Pentru perforarea orificiilor şi decuparea pieselor cu diametrul 50–250 mm
L, d	Pentru perforarea orificiilor apropiate. Se foloseşte totdeauna placă de sprijin
	Pentru perforarea orificiilor cu diametrul de 0,8...12 mm, în cazul condiţiilor grele de lucru: – perforarea materialelor dure; – perforarea orificiilor mici cu $d = (0{,}7...1{,}3)\delta$; – perforarea orificiilor cu $d = (0{,}5...0{,}6)\delta$, cînd poansonul are o parte conică

Tabelul 9.40 (continuare)

Tipul poansonului	Domeniul de utilizare
	Pentru perforarea orificiilor mici cu $d = (0{,}3...0{,}5)\delta$
A, A, Secţiunea A-A	Pentru retezare

Tabelul 9.41

Relaţii de calcul ale dimensiunilor părţilor de lucru ale ştanţelor de tăiere

Felul piesei şi operaţia ce se execută		Dimensiunea orificiului din placa activă	Dimensiunea poansonului
Piesă cu dimensiuni tolerate	Decupare	$D_a = (D - T)^{+T_a}$	$D_p = (D - T - j_{min})_{-T_p}$
	Perforare	$d_a = (d + T + j_{min})^{+T_a}$	$d_p = (d + T)_{-T_p}$
Piesă cu dimensiuni libere	Decupare	$D_a = D^{+T_a}$	$D_p = (D - j_{min})_{-T_p}$
	Perforare	$d_a = (d + j_{min})^{+T_a}$	$d_p = d_{-T_p}$

Tabelul 9.42

Jocuri şi toleranţe de execuţie ale elementelor active la ştanţe de tăiere [12]

Grosimea materialului, mm	Jocul, mm		Toleranţe de execuţie, mm	
	minim	maxim	T_a	T_p
0,3	0,02	0,04	0,015	0,01
0,5	0,03	0,06	0,02	0,01
0,8	0,05	0,08	0,02	0,012
1,0	0,06	0,10	0,025	0,015
1,5	0,10	0,16	0,03	0,02
2,0	0,14	0,22	0,04	0,02
2,5	0,20	0.28	0,05	0,03
3,0	0,24	0,36	0,06	0,03
4,0	0,40	0,56	0,08	0,04
5,0	0,6	0,8	0,10	0,05
6,0	0,8	1,0	0,12	0,06
8,0	1,3	1,6	0,16	0,08
10,0	1,8	2,2	0,20	0,10

Tabelul 9.43

Dimensiuni ale elementelor active ale ştanţelor de îndoire (fig. 9.55) [13]

L_0 mm	Grosimea materialului δ, mm											
	Pînă la 0,5			0,5–2,0			2,0–4,0			4,0–7,0		
	l_o mm	r_a mm	c	l_o mm	r_a mm	c	l_o mm	r_a mm	c	l_o mm	r_a mm	c
10	6	3	0,10	10	3	0,10	10	4	0,08	—	—	—
20	8	3	0,10	12	4	0,10	15	5	0,08	20	8	0,06
35	12	4	0,15	15	5	0,10	20	6	0,08	25	8	0,06
50	15	5	0,20	20	6	0,15	25	8	0,10	30	10	0,08
75	20	6	0,20	25	8	0,15	30	10	0,10	35	12	0,10
100	—	—	—	30	10	0,15	35	12	0,10	40	15	0,10
150	—	—	—	35	12	0,20	40	15	0,15	50	20	0,10
200	—	—	—	45	15	0,20	55	20	0,15	65	25	0,15

în care: δ_{max} este grosimea maximă a tablei ţinînd cont de toleranţa de laminare; c — coeficient, a cărui mărime se dă în tabelul 9.42.

Raza poansonului r_p se ia egală cu raza interioară a piesei de îndoit.

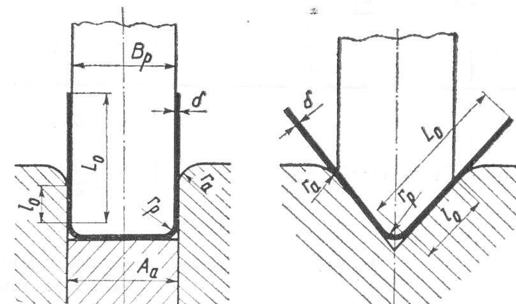


Fig. 9.36. Schemă pentru dimensionarea zonei de lucru a elementelor active ale ştanţelor de îndoit în U şi V

Dimensiunile zonei de lucru a elementelor active ale sculelor de îndoit piese în formă de U se calculează cu relaţiile:

— pentru piese la care interesează precizia dimensiunilor exterioare (A_{-T}):

$$A_a = (A - T)^{T_a}; \quad B_p = (A - T - 2j)_{-T_p}; \tag{9.59}$$

— pentru piese la care interesează precizia dimensiunilor interioare (B_{-T}):

$$B_p = B_{-T_p}; \quad A_a = (B + 2j)^{T_a}. \tag{9.60}$$

La proiectarea elementelor active ale sculelor de îndoit, la îndoirea fără calibrare, se ţine cont şi de arcuirea materialului piesei.

Plăci active şi poansoane ale ştanţelor pentru ambutisat. Datele pentru calculul dimensiunilor zonei de lucru a elementelor active ale ştanţelor pentru ambutisat fără subţierea pereţilor, se dau în fig. 9.37 şi tabelurile 9.44 ... 9.48.

Mărimea toleranţelor de execuţie a elementelor active ale sculelor pentru calibrare se iau cu 20 ... 25% mai mici decît cele indicate în tabelul 9.48.

Razele de racordare ale plăcilor active pentru scule de ambutisat r_a pentru prima ambutisare, se indică în tabelul 9.49.

Pentru ambutisările următoare, razele de racordare se micşorează conform relaţiei

$$r = (0,6 \ldots 0,8)\, r_{n-1}. \tag{9.61}$$

Tabelul 9.44

Relaţii pentru calculul mărimii jocului pe o parte, la ambutisarea pieselor cilindrice fără calibrare [12]

Mărimea jocului pe o parte ($j/2$) la ambutisarea pieselor cilindrice fără calibrare, mm

Operaţia de ambutisare	Jocul funcţie de clasa de precizie a piesei	
	4 şi 5	7,8 şi 9
Prima ambutisare	$j/_2 = \delta_{max} + a$	$j/_2 = \delta_{max} + (1{,}5...2)a$
Operaţii intermediare	$j/_2 = \delta_{max} + 2a$	$j/_2 = \delta_{max} + (2{,}5...3)a$
Ultima ambutisare	$j/_2 = \delta_{max}$	$j/_2 = \delta_{max} + 2a$

Tabelul 9.45

Valori ale adaosului a pentru calculul jocului conform relaţiilor din tabela 9.55 [12]

δ mm	0,2	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2	2,5	3	4	5
a mm	0,05	0,1	0,12	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,25	0,3	0,35	0,4

Tabelul 9.46

Valoarea jocului pe o parte, la ambutisarea pieselor cilindrice la care se face şi calibrare [12]

Mărimea jocului pe o parte $j/2$, la ambutisarea pieselor cilindrice la care se face şi calibrare

Material	Mărimea jocului		
	Pentru prima ambutisare	Pentru ambutisările intermediare	Pentru calibrare
Oţel moale	(1,3...1,5)δ	(1,2...1,3)δ	1,1δ
Alamă, aluminiu	(1,3...1,4)δ	(1,15...1,2)δ	1,1δ

Tabelul 9.47

Relaţii pentru calculul zonei de lucru a elementelor active ale ştanţelor pentru ambutisat

Cazul de ambutisare	Dimensiunea plăcii active	Dimensiunea poansonului
Ambutisarea pieselor cu dimensiunea exterioară tolerată	$D_a = (D - T)^{+T_a}$	$D_p = (D - T - j)_{-T_p}$
Ambutisarea pieselor cu dimensiunea interioară tolerată	$d_a = (d + j)^{+T_a}$	$d_p = d_{-T_p}$

Tabelul 9.48

Toleranţe de execuţie a elementelor active ale ştanţelor pentru ambutisat [12]

δ mm	Mărimea toleranţei, în mm funcţie de diametrul nominal al piesei de ambutisat, în mm					
	10–50		50–200		200–5 000	
	T_a	T_p	T_a	T_p	T_a	T_p
0,25	0,02	0,01	0,03	0,015	0,03	0,015
0,35	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,025
0,5	0,04	0,03	0,05	0,03	0,05	0,035
0,6	0,05	0,035	0,06	0,04	0,06	0,04
0,8	0,07	0,04	0,08	0,05	0,08	0,06
1,0	0,08	0,05	0,09	0,06	0,10	0,07
1,2	0,09	0,06	0,10	0,07	0,12	0,08
1,5	0,11	0,07	0,12	0,08	0,14	0,09
2,0	0,13	0,085	0,15	0,10	0,17	0,12
2,5	0,15	0,10	0,18	0,12	0,20	0,14

Tabelul 9.49

Raza de racordare r_a a plăcii active pentru prima ambutisare [12]

Tipul ambutisării	Raze de racordare pentru raportul grosimii la diametrul semifabricatului plan, $\frac{\delta}{D}\,100$		
	2,0–1,0	1,0–0,2	0,2–0,06
Piesă fără flanşă	(6...8)δ	(8...10)δ	(10...15)δ
Piesă cu flanşă	(10...15)δ	(15...20)δ	(20...30)δ
Placa activă cu nervuri de întindere a materialului	(4...6)δ	(6...8)δ	(8...10)δ

Razele de racordare r_p ale poansoanelor se stabilesc în felul următor:
– pentru prima operaţie:

$$\text{cînd } \frac{\delta}{D}\,100 > 0{,}5,\ r_p = r_a;$$

$$\frac{\delta}{D}\,100 = 0{,}5 \ldots 0{,}2,\ r_p = 1{,}5\ r_a;$$

$$\frac{\delta}{D}\,100 < 0{,}2,\ r_p = 2r_a, \tag{9.62}$$

în care D este diametrul semifabricatului.

– pentru operaţiile următoare, poansonul se execută cu o conicitate ca în fig. 9.38,*a* sau cu racordare ca în fig. 9.38,*b*, luînd

$$r_{p_{n-1}} = \frac{d_{n-1} - d_n - 2\delta}{2}, \tag{9.63}$$

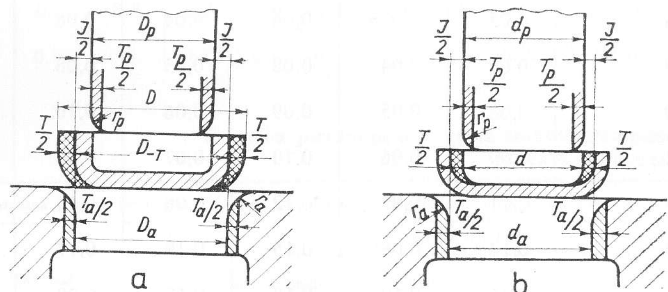


Fig. 9.37. Schemă pentru dimensionarea zonei de lucru a elementelor active ale ştanţelor de ambutisat fără subţierea pereţilor:

a – cazul cînd se precizează dimensiunea de exterior a piesei, D_{-T}; *b* – cazul cînd se precizează dimensiunea de interior a piesei, d^{T}

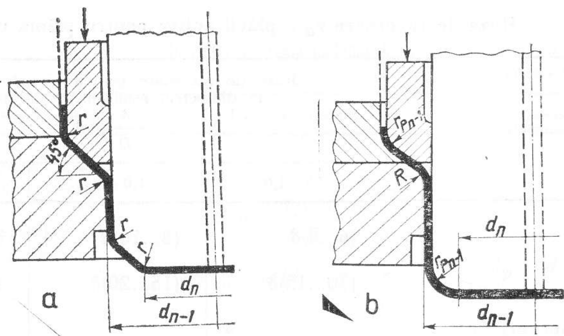


Fig. 9.38. Forma poansoanelor ştanţelor de ambutisat

în care d_{n-1}, d_n sînt diametrele în urma celei de a $(n - 1)$, respectiv n – a operaţie.

– la ultima operaţie de ambutisare, raza poansonului se ia egală cu raza interioară a piesei de ambutisat.

Plăci active şi poansoane ale ştanţelor pentru răsfrînt margini. În fig. 9.39,*a* se prezintă forma şi dimensiunile elementelor active ale unei ştanţe pentru răsfrînt margini

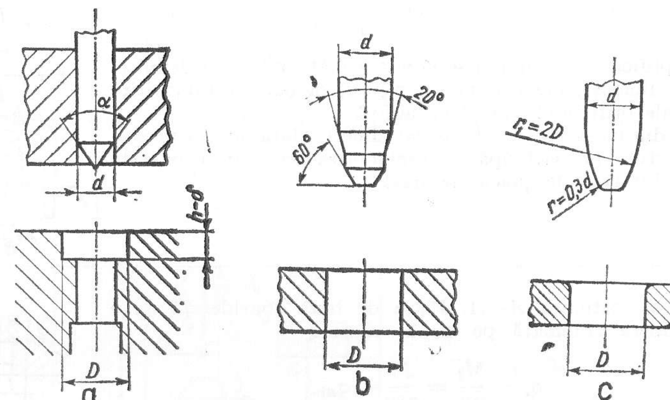


Fig. 9.39. Elementele active ale ştanţelor pentru răsfrîngerea marginilor:

a – fără perforarea prealabilă a semifabricatului; *b* – cu orificii perforate în prealabil, cu $D < 10$ mm; *C* – cu $D > 10$ mm

fără perforarea prealabilă a semifabricatului. În acest caz, pentru $\delta < 1{,}5$ mm se ia $\alpha = 55°$, iar pentru $\delta > 1{,}5$ mm se ia $\alpha = 60°$.

Pentru răsfrîngerea marginilor la semifabricate perforate în prealabil, ştanţa se dimensionează ca în fig. 9.39,*b*, pentru $D < 10$ mm, şi ca în fig. 9.39,*c*, pentru $D > 10$ mm.

Diametrul orificiului din plăcile active D se stabileşte ţinînd cont de diametrul poansonului şi de grosimea semifabricatului:

$$D = d + 2\delta. \tag{9.64}$$

Plăci de bază şi plăci de cap. Plăcile de bază şi de cap ale ştanţelor se aleg, ca formă şi dimensiuni, după norme existente. Cele mai frecvent utilizate tipuri sînt cele cu coloanele de ghidare aşezate în diagonală, axial sau în spate.

Plăcile de bază alese se verifică la încovoiere conform condiţiilor şi relaţiilor indicate în tabelul 9.50.

La plăcile nenormalizate se admite lăţimea acestora în acest fel încît să depăşească cu 30 ... 70 mm lăţimea plăcii active, iar grosimea lor se ia de 1 ... 1,5 ori grosimea plăcii active. Apoi se fac verificările plăcii de bază după relaţiile din tabelul 9.50.

În placa de cap, se montează cepul, a cărui axă trebuie să coincidă cu centrul de presiune al ştanţei. În caz contrar, apar momente încovoietoare la acţionarea sculei, cu efecte negative asupra calităţii prelucrării, durabilităţii ştanţei şi uzurii presei.

Tabelul 9.50

Relaţii de verificare la încovoiere a plăcilor de bază

Considerente şi relaţii	Scheme
Pentru simplificarea calculului se admit următoarele considerente: — Forma şi dimensiunile orificiului din placa de bază sînt indentice cu cele ale orificiului din placa activă — Orificiul din masa presei este aşezat simetric faţă de axa presei; — Placa activă nu participă la prelucrarea sarcinii, care este preluată integral de placa de bază	
Verificarea în secţiunea $A-A$. Placa de bază considerată ca o grindă liberă rezemată pe două reazeme $\sigma_i = \frac{M_i}{W} = \frac{Fl}{2W} \leqslant \sigma_{ai}$	
Verificarea în secţiunea $B-B$. Placa de bază este considerată ca o grindă semiîncastrată la capete $\sigma_i = \frac{M_i}{W} = \frac{3Fl_0}{16W} \leqslant \sigma_{ai}$	
Verificarea în secţiunea $C-C$, în baza unui calcul acoperitor de aproximare. Pentru orificii dreptunghiulare, $\sigma_i = \frac{M}{W} = \frac{F(l_2 - l_1)}{4W} \leqslant \sigma_{ai}$ $l_2 = \frac{L_1 L_0}{\sqrt{L_1^2 + L_0^2}}; \quad L_1 = \frac{bc}{\sqrt{b^2 + c^2}}.$ Pentru orificii circulare, $\sigma_i = \frac{0,64(R - r)F}{2W} \leqslant \sigma_{ai},$ în care R, r sînt razele orificiului din masa presei, respectiv din placa de bază	

Centrul de presiune al ştanţei reprezintă punctul de aplicaţie al rezultantei forţelor ce intervin în procesul de lucru cu ştanţa respectivă. Poziţia lui se poate preciza pe cale analitică şi grafică.

Metoda analitică se bazează pe relaţia de egalitate dintre suma momentelor forţelor în raport cu centrul de presiune şi momentul rezultantei forţelor respective în raport cu acelaşi punct. Adică (fig. 9.40)

$$x = \frac{F_1 a + F_2 b + \dots + F_6 e}{F_1 + F_2 + \dots + F_6}; \quad y = \frac{F_1 a' + F_2 b' + \dots + F_6 e'}{F_1 + F_2 + \dots + F_6}. \tag{9.65}$$

Deoarece mărimea forţelor este proporţională cu lungimea conturului decupat, în locul forţelor în relaţiile lui x şi y se pot introduce lungimile contururilor respective.

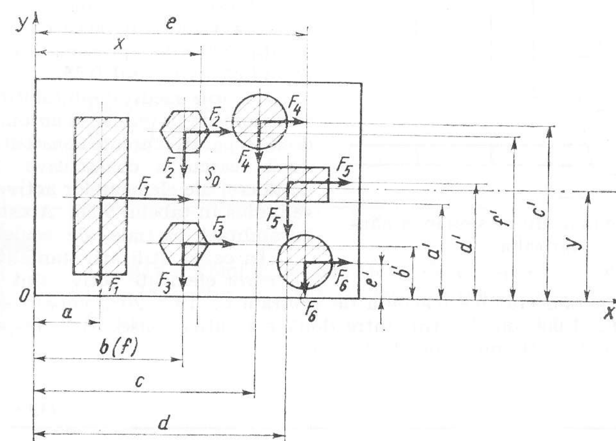


Fig. 9.40. Schiţă pentru determinarea analitică a centrului de presiune al ştanţei

Metoda grafică se bazează pe determinarea punctului de aplicaţie al rezultantei unor forţe paralele şi de acelaşi sens, cu ajutorul poligonului funicular.

Elemente de ghidare. *Plăci de ghidare.* Lăţimea şi lungimea plăcii de ghidare se iau, în general, egale cu cele ale plăcii active a ştanţei respective.

Grosimea plăcii de ghidare se admite de 0,8 ... 1 din grosimea plăcii active, variind între 18 şi 30 mm.

Între orificiul plăcii de ghidare şi poansoanele ghidate există un ajustaj alunecător.

Coloane şi bucşe de ghidare. Coloanele şi bucşele de ghidare se aleg, ca formă şi dimensiuni, după norme existente.

La construcţia ştanţelor cu placă de bază şi de cap nenormalizate, se folosesc coloane de ghidare cu diametru variabil. Partea coloanei care intră în placa de bază, cu diametrul d_1, se ia egală cu diametrul exterior al bucşei de ghidare, pentru o mai uşoară prelucrare a orificiilor din plăcile de bază şi de cap.

Elemente auxiliare. Placa portpoanson se ia cu grosimea de 0,6 ... 0,8 din grosimea plăcii active, variind între 15 şi 30 mm.

Plăcile de sprijin se includ în construcţia ştanţelor dacă presiunea exercitată de poanson asupra plăcii de cap depăşeşte 1 800 ... 2 000 daN/cm², pentru plăci de cap din oţel, şi 800 ... 900 daN/cm², pentru plăci de cap din fontă. Grosimea lor se ia de 3 ... 8 mm.

Formele şi dimensiunile opritorilor şi căutătorilor se indică în tabelele 9.51 ... 9.54 şi fig. 9.41.

9.5.3.3. DURABILITATEA ŞTANŢELOR. Durabilitatea ştanţelor este funcţie de materialul de prelucrat (caracteristici mecanice şi grosimea semifabricatului), materialul sculei (natura acestuia şi tratamentul termic aplicat), tipul constructiv al ştanţei şi felul operaţiei de executat, tipul şi starea presei, condiţiile de exploatare a ştanţei.

Durabilitatea totală depinde de numărul de reparaţii curente pe care le poate suporta ştanţa. Valorile aproximative ale acestora se indică în tabelul 9.55.

Valorile medii de durabilitate ale ştanţelor folosite în industria automobilelor, între două reparaţii curente consecutive (respectiv două reascuţiri consecutive ale ştanţelor de tăiere) ale elementelor active ale acestora se indică în tabelul 9.56. Acestea reprezintă durabilităţi parţiale ale sculei.

În cazul utilizării ştanţelor de perforat ale căror elemente active sînt confecţionate din materiale metaloceramice (carbură de wolfram cu 15 ... 20% cobalt) se ating durabilităţi de 500 ... 1 000 mii lovituri între două reascuţiri consecutive, respectiv durabilităţi totale de 20 ... 60 milioane de lovituri.

Fig. 9.41. Schemă de dimensionare a căutătorilor

Tabelul 9.51

Tipuri de căutători

Schiţa căutătorului	Domeniul de utilizare
	1. Pentru centrarea benzilor după orificiile perforate. Diametrul căutătorului de 3–10 mm
	2. Pentru centrarea precisă a orificiilor perforate în prealabil în raport cu conturul decupat. Se foloseşte la orificii cu diametrul pînă la 12 mm
	3. Aceeaşi utilizare ca la tipul 2. Se foloseşte la orificii cu diametrul de 12–50 mm

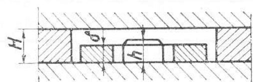
Tabelul 9.52

Tipuri de opritor

Schiţa opritorului	Domeniul de utilizare
	La ştanţe simple de decupat şi ştanţe combinate succesive. Ştanţarea benzilor cu lăţimea peste 20 mm şi avans manual. Diametrul capului, 6–40 mm
	La ştanţe simple şi ştanţe combinate succesive de decupat. Ştanţarea pieselor mari
	La ştanţe combinate simultane de decupat, la care placa activă este în partea superioară, iar poansonul în partea inferioară a ştanţei
	La ştanţe de decupat. Decuparea pieselor înguste cu lăţimea de 6–20 mm şi grosimea minimă de 0,5 mm, la piese scurte, şi de 1 mm, la piese lungi
	La ştanţe combinate succesive. Pentru oprirea benzii la primul pas la sculei
	La ştanţe combinate cu acţiune succesivă, unde nu se pot folosi celelalte tipuri, de exemplu: decuparea pieselor cu contur complicat. Decuparea pieselor mici cu grosimea 0,3–3 mm

Tabelul 9.53

Înălţimea opritorilor şi a riglelor de ghidare [12]



Grosimea benzii mm	Înălţimea opritorului, h, mm	H, mm	
		Opritor în formă de ştift	Cuţit lateral de pas
0,3— 2,0	3	6— 8	4— 6
2,0— 3,0	4	8—10	6— 8
3,0— 4,0	4	10—12	6— 8
4,0— 6,0	5	12—15	8—10
6,0—10,0	8	15—25	10—15

Tabelul 9.54

Dimensiuni ale căutătorilor [1]

d_0 mm	2—6	6—10	10—16	16—24	24—32	32—42	42—60	δ, mm	h, mm	
									Tip 1	Tip 2 şi 3
$2a$, mm	0,60	0,08	0,10	0,12	0,16	0,18	0,20	1	3	2
								1...3	4	3
								3...6	5	4

Tabelul 9.55

Valorile de durabilitate totală ale ştanţelor [12]

Denumirea ştanţei	Grosimea semifabricatului mm	Materialul părţilor active	
		Oţel carbon	Oţel aliat
Ştanţe de decupare cu coloane de ghidare	0,25—0,5	700—900	1100—1400
	1,0	450—650	680—980
	1,5	355—550	550—800
	2,0	250—450	400—680
	3,0	250—400	400—600
	4 0	150—300	250—450
Ştanţă de perforare	<4	150—250	250—400
Ştanţă de îndoire simplă	<3	900—1100	1400—1700
Ştanţă de îndoire complexă	<3	450—600	700—900
Ştanţă de ambutisare simplă	<3	1200—1600	1800—2400

Observaţie. Valorile din tabel corespund la mii de lovituri.

Tabelul 9.56

Valori medii de durabilitate ale ştanţelor folosite în industria automobilelor, între două reparaţii curente consecutive ale elementelor active ale acestora [3]

Denumirea ştanţei	Materialul de prelucrat	Grosimea semifabricatului, mm				
		< 0,3	0,3—1,0	1,0—3,0	3,0—6,0	> 6
De decupat	alamă	51—63	45—51	30—45	—	—
	oţel	17—21	15—17	10—15	7—10	5
De perforat şi retezat	alamă	45—51	33—45	29—33	—	—
	oţel	15—45	11—15	9—11	6—9	4,5
De îndoit	alamă	105—138	84—105	51—87	—	—
	oţel	35—46	25—35	17—25	14—17	12
De ambutisat	alamă	120—138	102—120	87—102	—	—
	oţel	40—46	34—40	29—34	17—29	1
De decupat şi ambutisat	alamă	51—69	45—51	33—45	—	—
	oţel	17—23	15—17	11—15	9—11	7

Observaţie. Valorile din tabel corespund la mii de lovituri.

9.6. MECANIZAREA ŞI AUTOMATIZAREA OPERAŢIILOR DE ŞTANŢARE

Mecanizarea şi automatizarea operaţiilor de ştanţare urmăreşte creşterea productivităţi muncii, scurtarea ciclului de fabricaţie, reducerea utilajelor necesare şi a spaţiului de producţie afectat, asigurarea securităţii muncii.

Gradul automatizării depinde de natura producţiei (serie, masă). Funcţie de situaţia concretă se vor urmări automatizări parţiale sau totale ale întregului proces de prelucrare.

9.6.1. ALIMENTAREA ŞTANŢELOR CU SEMIFABRICATE

Semifabricatele cu care se alimentează ştanţele pot fi benzi, fîşii, table sau semifabricate individuale.

Alimentarea semifabricatelor sub formă de benzi se automatizează folosind dispozitive cu role, cleşti sau cîrlige.

La dispozitive cu role, avansul benzilor se asigură prin trecerea lor între una sau două perechi de role care determină pe bază de frecare împingerea, tragerea sau împingerea şi tragerea semifabricatului.

Rolele pot fi cu acţionare intermitentă (fig. 9.42,*a*) dată de o roată cu clichet, sau pot fi cu acţionare continuă, o rolă fiind executată cu degajare (fig. 9.42,*b*), sau dacă amîndouă rolele sînt complete cu sistem de distanţare şi apropiere a rolelor (fig. 9.42,*c*).

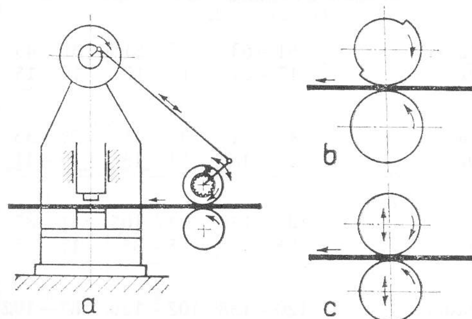


Fig. 9.42. Sisteme pentru avans automat cu dispozitive cu role:
a — cu acţionare intermitentă; *b* — role cu acţionare continuă cu degajări; *c* — role cu acţionare continuă şi cu distanţă variabilă

Pentru a evita o deplasare prea mare a semifabricatului în virtutea forţei inerţiale, ceea ce ar reduce precizia avansului benzii, sistemul de alimentare se prevede cu frîne care intră în acţiune asupra semifabricatului în momentul în care încetează acţiunea de avans a rolelor.

Dispozitivul de avans cu cleşti cu role (fig. 9.43) dispune de un cărucior fix *1*, care are o pereche de role ce servesc la împiedicarea revenirii semifabricatului, şi un cărucior mobil *2*, care pus într-o mişcare de translaţie alternativă sincronizată cu deplasarea culisoului presei, determină, prin intermediul celor două perechi de role de care dispune, avansul benzii în sensul indicat de săgeată *s*.

Dispozitivul de avans cu cîrlig (fig. 9.44) aplicabil la semifabricate cu grosime de peste 1 mm, asigură avansul prin tragerea semifabricatului ca urmare a agăţării cîrligului de puntiţa intermediară menţinută în bandă, după ce s-a realizat decuparea pieselor.

Alimentarea cu fîşii cuprinde o magazie cu semifabricate, din care un mecanism de apucare cu ventuze le aşază pe acestea una cîte una, în ritm determinat, pe o cale de rulare. Avansul fîşiilor de pe calea de rulare se realizează cu dispozitive identice cu cele care servesc pentru avansul benzilor.

La alimentarea cu table, se folosesc dispozitive de avans în zig-zag. În acest caz, dispozitivul de strîngere a tablei determină mai înainte o deplasare longitudinală a acesteia, efectuîndu-se decupări de semifabricate în linie, apoi urmează o deplasare transversală cu un pas, după care se face decuparea după a doua linie.

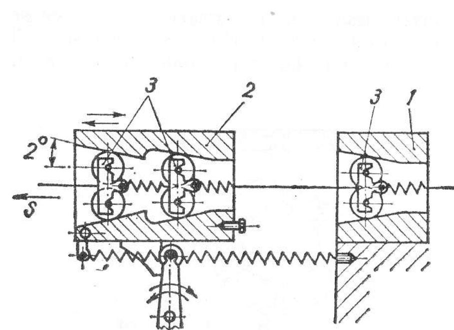


Fig. 9.43. Dispozitiv pentru avans automat cu cleşti cu role:
1 — cărucior fix; *2* — cărucior mobil; *3* — role

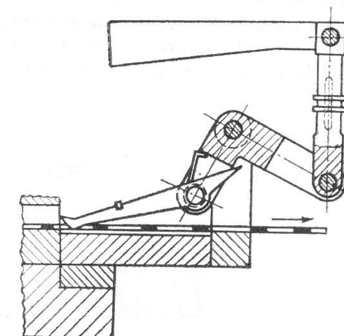


Fig. 9.44. Dispozitiv de avans automat cu cîrlig

În ce privesc dispozitivele de avans cu semifabricate individuale, acestea au în principiu aceeaşi construcţie ca şi cele folosite la alimentarea cu semifabricate a maşinilor-unelte aşchietoare.

9.6.2. ÎNDEPĂRTAREA PIESELOR ŞI DEŞEURILOR

La operaţiile de decupare, de regulă, piesa se înlătură din sculă prin cădere prin orificiul plăcii active, al plăcii de bază şi cel din masa presei. Îndepărtarea deşeului se realizează în acest caz prin deplasarea lui, în urma scoaterii deşeului de pe poanson de către o placă de desprindere fixă de tip deschis sau închis (fig. 9.45,*a*,*b*), o placă de

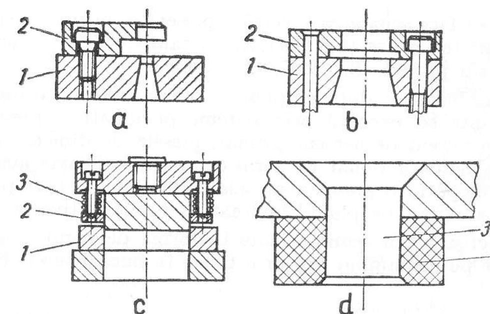


Fig. 9.45. Plăci de desprindere:
a — fixă, tip deschis; *b* — fixă, tip închis; *c* — mobilă, acţionată de arc; *d* — desprindere cu tampon de cauciuc; *1* — placă de tăiere; *2* — placă de desprindere; *3* — poanson; *4* — tampon de cauciuc

desprindere mobilă acţionată de arcuri (fig. 9.45,*c*) sau de un tampon de cauciuc (fig. 9.45,*d*).

La ambutisare apare necesitatea desprinderii piesei de pe poanson, ceea ce se realizează în baza arcuirii elastice a piesei, în timpul cursei de ridicare a poansonului (fig. 9.46,*a*) sau folosind sisteme de desprindere cu gheare inelare sau radiale (fig. 9.46, *b*, *c*).

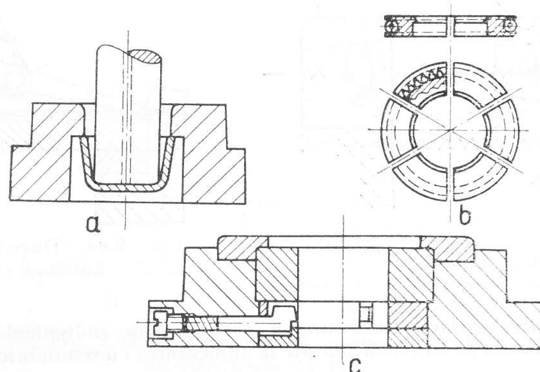


Fig. 9.46. Sisteme de desprindere a pieselor ambutisate:

a — în baza deformaţiei elastice a piesei; *b* — cu gheare inelare; *c* — cu gheare radiale

În cazurile în care se face scoaterea inversă a piesei din orificiul plăcii active, se vor folosi extractoare acţionate cu arc (fig. 9.47,*a*), cu tampon de cauciuc (fig. 9.47,*b*) sau printr-un sistem rigid cu pîrghii (fig. 9.47,*c*).

În cazul pieselor ambutisate, după ce piesa a fost extrasă din orificiul plăcii active, îndepărtarea ei din ştanţă se execută prin sisteme pneumatice: piesele mărunte prin suflarea lor de către un curent de aer comprimat, piesele de dimensiuni mari printr-un împingător legat de un piston acţionat de aerul comprimat. Foarte avantajoase sînt din punctul de vedere al îndepărtării pieselor, presele înclinabile, la care piesele se îndepărtează prin alunecarea acestora pe planul înclinat al plăcii active a ştanţei.

Atunci cînd se lucrează din semifabricate în formă de bandă, deşeul se va putea înlătura prin înfăşurare pe un tambur sau prin tăiere în bucăţi sub acţiunea unor poansoane de retezat

9.6.3. AUTOMATIZAREA COMENZII ŞI CONTROLULUI

La presele cu avans automat se impun sisteme de semnalizare a modului în care se realizează alimentarea şi sisteme de protecţie pentru a feri scula şi presa de ruperi.

În acest scop, se prevăd intrerupătoare care, deconectînd circuitul electric de acţionare a presei, determină oprirea acestei în caz de nereguli.

În fig. 9.48 se prezintă un întrerupător pentru semnalarea terminării benzii. De îndată ce rola *1* nu mai are dedesubt bandă pe care să calce, sub acţiunea arcului *2*, pîrghia *3*, rotindu-se în jurul articulaţiei *a*, desface contactul *K*.

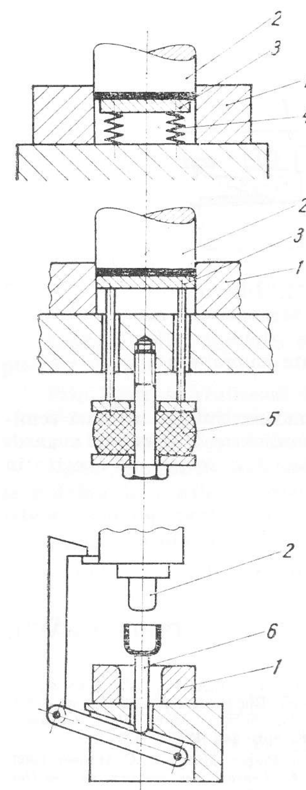


Fig. 9.47. Extractoare:

a — acţionat prin arcuri; *b* — acţionat prin tampon de cauciuc; *c* — acţionat prin pîrghii; *1* — placă activă; *2* — poanson; *3* — placă extractoare; *4* — arcuri; *5* — tampon de cauciuc; *6* — tijă extractoare

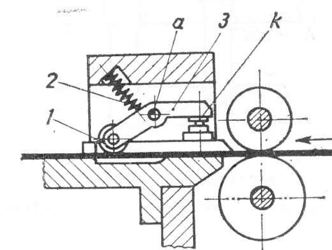


Fig. 9.48. Întrerupător pentru semnalarea terminării benzii

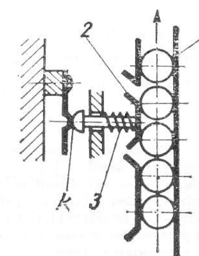


Fig. 9.49. Întrerupător pentru semnalarea încetării alimentării cu semifabricate individuale

În fig. 9.49 se indică un intrerupător pentru semnalarea încetării alimentării cu semifabricate individuale ce se scurg prin jgheabul *1*. Partea mobilă *2* a peretelui jgheabului, în lipsă de semifabricat, va fi deplasată de către arcul *3*, în acest fel desfăcîndu-se şi contactul *K*.

În fig. 9.50 se prezintă un întrerupător pentru semnalarea dereglării de pas la ştanţele cu acţiune succesivă. Ştiftul de control *1* trebuie să pătrundă într-o gaură tehnologică dată în semifabricatul ce se prelucrează prin ştanţarea succesivă. În cazul dereglării pasului, stiftul de control este deplasat în sus de către semifabricat şi contactul *K* se desface.

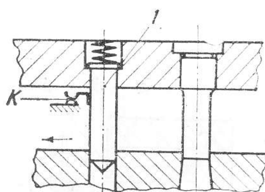


Fig. 9.50. Întrerupător pentru semnalarea dereglării de pas

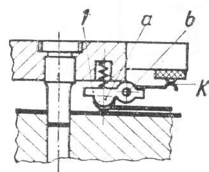


Fig. 9.51. Întrerupător pentru semnalarea intrării a două semifabricate suprapuse

În fig. 9.51 se prezintă un întrerupător pentru semnalarea intrării a două semifabricate suprapuse. Într-un asemenea caz, cel de al doilea semifabricat, în cursul avansului pe care îl face, acţionînd asupra proeminenţei *a* a pîrghiei *1*, o roteşte pe aceasta în jurul articulaţiei *b*, desfăcînd contactul *K*.

BIBLIOGRAFIE

1. ANIKIN, V. ş.a. *Spravocinik konstruktora ştampov.* Moscova, Maşghiz, 1960
2. BREMBERGER, M. *Stanzerei Handbuch für Konstrukteure.* München, Carl Hanser, 1965.
3. CIRILLO, A., PICOŞ, C., BOHOSIEVICI, C. *Tehnologia matriţării şi ştanţării la rece.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1966
4. GHIZDAVU, V. *Prelucrarea metalelor cu puteri şi viteze mari.* Bucureşti, Editura tehnică, 1967.
5. KACZMAREK, E. *A hidegsajtolaş gyakorlata.* Budapesta, Müszaki könyvkiadó, 1961.
6. KUHTAROV V.I. *Holodnaia stampovka.* Moscova, Maşghiz, 1962.
7. MALOV A.N. *Tehnologia holodnoi ştampovka.* Moscova, Oboronghiz, 1963.
8. MUNTEANU, I., OLARIU, V., BAŞCA, S. *Presarea la rece.* Bucureşti, Editura tehnică, 1965.
9. OEHLER, G. *Schnitt Stanz und Ziehwerkzeuge.* Berlin. Springer, 1957.
10. OEHLER, G. *Biegen.* München, C. Hanser, 1963.
11. QUERCY, A. *Travail des métaux en feuilles.* Paris, Dunod, 1962
12. ROMANOVSKI, V.P. *Spravocinik po holodnoi ştampovke.* Moscova, Maşinostroenie, 1965.
13. * * * *Blech*
14. * * * *Kuznecina stampovocinogo proizdvodstvo.*
15. * * * *La pratique des industries mécaniques*
16. * * * *Machine moderne*
17. * * * Colecţia de STAS-uri

10. SUDAREA, TĂIEREA ŞI LIPIREA MATERIALELOR METALICE

10.1. DEFINIREA ŞI CLASIFICAREA PROCEDEELOR DE SUDARE

Sudura este o legătură omogenă între atomii marginali ai pieselor de îmbinat. Aceasta se poate realiza prin topire, presiune, difuzie etc.

Prin sudare se realizează îmbinări nedemontabile ale materialelor.

Lipitura este o legătură eterogenă realizată cu ajutorul unui material diferit de al pieselor de îmbinat.

Prin lipire se realizează îmbinări nedemontabile ale materialelor.

Clasificarea procedeelor de sudare se poate face în funcţie de fenomenele fizice, constituţia îmbinării şi procedeele industriale de sudare aplicate.

După fenomenele-fizice care au loc în procesul de sudare, adică după modul cum se stabilesc legăturile de coeziune interatomică la marginile pieselor de îmbinat se deosebesc: sudarea prin topire; sudarea prin presiune.

După constituţia îmbinării se deosebesc:

— sudarea, cînd se obţine o legătură omogenă între piesele de îmbinat;
— lipirea, cînd se obţine o legătură eterogenă între piesele de îmbinat.

După procedeele industriale, clasificarea se face conform tabelului 10.1.

10.2. SURSE DE ENERGIE FOLOSITE LA SUDARE ŞI CÎMPUL TERMIC

Sursele de energie folosite mai frecvent în procesele de sudare sînt: electrice, fizice, chimice, mecanice şi combinate.

Oricare ar fi sursa de energie, pentru a realiza o îmbinare sudată e necesar să existe legături de coeziune interatomică la marginile pieselor de îmbinat. Aceste legături de coeziune interatomică pot lua naştere: prin topirea marginilor pieselor de îmbinat şi apoi cristalizarea împreună; prin încălzirea pînă la domeniul plastic şi aplicarea unei forţe de compresiune pentru a se produce deformarea plastică sau numai prin aplicarea unei forţe de compresiune suficient de mare pentru realizarea unei deformaţii plastice la rece.

Pentru încălzirea pieselor în vederea sudării este necesară o energie calorică. Această căldură poate proveni de la surse de energie electrică dată de arcul electric sau de efectul

Tabelul 10.1

PROCEDEE DE SUDARE

- Prin topire
  - Cu energie electrică
    - Cu arc electric
      - acoperit de flux: cu sîrmă; cu bandă
      - descoperit: din sîrmă; de cărbune; din sîrmă cu pulbere
      - în apă
      - cu electrod neînvelit; cu electrod învelit
      - în mediu de gaz protector
        - gaze inerte: cu electrod nefuzibil; cu electrod fuzibil
        - hidrogen
        - gaze active: bioxid de carbon; amestec de gaze
    - Cu plasmă
    - În baie de zgură
  - Cu energie chimică
    - Cu flacără de gaze
    - Cu termit
  - Cu energie radiantă
    - Cu fascicul de electroni în vid
    - Cu fascicul de lumină (laser)
- Prin presiune
  - Cu energie electrică
    - îmbinări cap la cap: în stare solidă; prin topire intermediară
      - fără preîncălzire; cu preîncălzire
    - îmbinări în puncte: cu arc rotitor; în puncte simple; în puncte multiple; în relief
    - îmbinări în linie: cu impulsuri de curent; în curent modulat; cu mișcare intermitentă
  - Cu energie mecanică
    - cu ultrasunete
    - prin frecare
    - prin deformare plastică la rece
  - Cu energie chimică
    - cu flacără de gaze
    - cu termit
    - prin forjare
    - prin difuzie
    - prin explozie

PROCEDEE DE LIPIRE

- Lipire moale
  - cu flacără de gaze
  - cu ciocan de lipit
- Lipire tare
  - cu flacără de gaze
  - în cuptor
  - electric
    - prin rezistență
    - în curenți de înaltă frecvență

Joule-Lenz, de la surse de energie chimică prin arderea unor combustibili (flacără de gaz) sau prin reacții chimice exotermice (sudarea aluminotermică).

Sursele de căldură cele mai folosite la sudare sînt arcul electric și flacăra oxiacetilenică la sudarea prin topire, și efectul Joule-Lenz, la sudarea prin presiune.

10.2.1. ARCUL ELECTRIC CA SURSĂ DE CĂLDURĂ LA SUDARE

Arcul electric este o descărcare electrică stabilă, între doi electrozi la densități mari de curent într-un mediu gazos. Trecerea curentului electric printr-un spațiu gazos este posibilă numai dacă mediul respectiv este ionizat.

Aprinderea sau amorsarea arcului electric la sudare se face prin scurtcircuitarea electrodului cu piesa cînd se produce o încălzire locală puternică. Ridicînd electrodul se emit electroni, care sînt accelerați în cîmpul electric ce se stabilește între anod și catod (fig. 10.1)

Trecerea curentului electric produce o încălzire puternică a spațiului arcului, ceea ce provoacă ionizarea gazului. Aceste procese la aprinderea arcului se repetă la trecerea

Electrod
Piesă
a b c

Fig. 10.1. Amorsarea arcului electric la sudare:
a — contact; *b* — încălzire; *c* — formarea arcului

1 2 3
a b

Fig. 10.2. Elementele arcului electric:
a — polaritate directă; *b* — polaritate inversă; *1* — pata catodică; *2* — coloana arcului; *3* — crater anodic

Lungimea arcului
Col. arc
Catod
Anod
U_{an}
U_{col}
U_{cat}

Fig. 10.3. Căderea tensiunii în arcul electric

picăturilor de metal topit și procesul de ardere al arcului, din punct de vedere tehnologic, este stabil dacă sursa de alimentare îndeplinește condițiile întreținerii arderii constante a arcului electric.

În cazul sudării, la arcul electric se disting trei elemente: pata catodică, coloana arcului și pata anodică, care depind ca formă de felul polarității (fig. 10.2). Tensiunea și curentul nu se repartizează uniform în arcul electric, formînd trei zone: zona catodului,

coloana arcului şi zona anodului. Căderea cea mai mare de tensiune este în coloana arcului (fig. 10.3). Tensiunea arcului este suma celor trei căderi de tensiune:

$$U_a = U_{cat} + U_{col} + U_{an}. \tag{10.1}$$

Pentru a asigura o stabilitate suficientă arderii arcului şi în curent alternativ, este necesar ca gazele din spaţiul arcului să aibă potenţial de ionizare mai redus, iar tensiunea de mers în gol a transformatorului de sudare să fie mai mare decît în cazul sudării în curent continuu.

Arcul electric este caracterizat prin tensiunea sa de ardere U_a, curentul de sudare I_s şi lungimea arcului l_a. Legătura dintre aceste mărimi poartă denumirea de caracteristica statică a arcului care se dă grafic sub forma unei familii de curbe fig. 10.4, unde $U_a = f(I_s)$ se trasează pentru diferite lungimi ale arcului, la care $l_1 < l_2 < l_3$, iar $U_{a1} < U_{a2} < U_{a3}$. Arcul electric transformă energia electrică în energie calorică. Căldura dată de arcul electric este

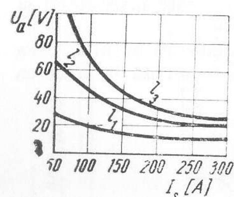


Fig. 10.4. Caracteristica arcului electric

$$Q = UIt[\mathrm{J}]. \tag{10.2}$$

Căldura dezvoltată de arcul electric se foloseşte numai parţial pentru încălzirea şi topirea metalului de bază şi adaos, deoarece o parte se pierde prin radiaţie, convecţie şi conducţie. Randamentul arcului electric la sudare depinde de procesul de sudare. Experimental s-au stabilit următoarele valori [9]: la sudarea cu electrod de cărbune, $\eta = 0{,}5 \ldots 0{,}7$; la sudarea cu electrod metalic învelit, $\eta = 0{,}70 \ldots 0{,}85$; la sudarea cu arc acoperit prin flux $\eta = 0{,}8-0{,}95$.

10.2.2. FLACĂRA OXIACETILENICĂ PENTRU SUDARE

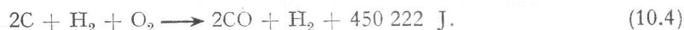
Flacăra de gaz este frecvent folosită la sudare şi în special la procedeele conexe sudării: tăierea, călirea la suprafaţă şi lipirea metalelor. Arderea are loc numai dacă amestecul de gaz combustibil şi aer sau oxigen atinge o anumită temperatură numită temperatura de aprindere. Viteza de ardere (propagarea flăcării) este influenţată de presiunea, compoziţia amestecului etc. Pentru fiecare amestec gazos există o anumită concentraţie la care viteza de propagare a arderii este maximă.

În procesul de ardere a acetilenei în amestec cu oxigenul are loc descompunerea acetilenei în elementele sale:



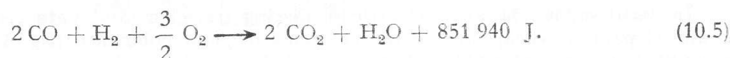
$$C_2H_2 + O_2 \longrightarrow 2C + H_2 + O_2 \tag{10.3}$$

iar apoi în prima etapă de ardere se oxidează carbonul prin reacţia exotermă:



$$2C + H_2 + O_2 \longrightarrow 2CO + H_2 + 450\,222 \text{ J}. \tag{10.4}$$

În a doua etapă a arderii, oxidul de carbon trece în bioxid de carbon, iar hidrogenul în apă, după reacţiile:



$$2\,CO + H_2 + \frac{3}{2}\,O_2 \longrightarrow 2\,CO_2 + H_2O + 851\,940 \text{ J}. \tag{10.5}$$

Oxigenul necesar în prima etapă de ardere se introduce în flacără sub forma de oxigen tehnic pur din butelie şi se numeşte oxigen primar. Oxigenul necesar pentru a doua etapă de ardere provine din aerul atmosferic şi se numeşte oxigen secundar. Ambele etape ale arderii acetilenei în oxigen sînt exotermice.

Aspectul schematic al flăcării oxiacetilenice este prezentat în fig. 10.5.

Temperatura maximă a flăcării se obţine în zona oxidării primare; de aceea piesa de sudat trebuie să fie aşezată la 1,2—1,5 l, unde l este lungimea nucleului luminos al zonei doi. Practic, raportul volumetric oxigen: acetilenă este 1,1—1,2 pentru flacăra normală, > 1,1 pentru flacăra carburantă şi < 1,2 pentru flacăra oxidantă.

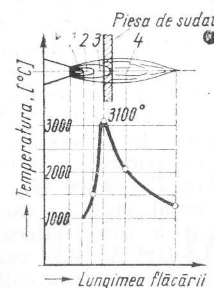


Fig. 10.5. Zonele şi temperatura flăcării oxiacetilenice:

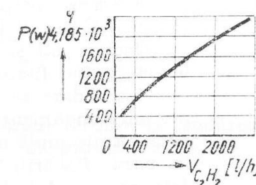


Fig. 10.6. Căldura flăcării oxiacetilenice în funcţie de volumul acetilenei

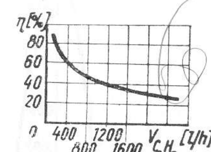


Fig. 10.7. Randamentul flăcării oxiacetilenice

Cantitatea de căldură în unitatea de timp dezvoltată de flacăra oxiacetilenică depinde de volumul acetilenei care se consumă. Graficul din fig. 10.6 arată variaţia puterii flăcării în funcţie de consumul acetilenei. Căldura dată de flacăra oxiacetilenică creşte o dată cu creşterea consumului de acetilenă, dar nu este proporţional cu debitul de acetilenă. Suflaiurile cu debit mai mic au randament mai bun. Dacă $P = \frac{Q}{t}$ [W], reprezintă căldura efectivă a flăcării, randamentul ei se exprimă prin relaţia:

$$\eta = \frac{P}{P_{inf}} \frac{P}{\frac{48\,000}{3\,600} \cdot V_{C_2H_2}} = \frac{P}{13{,}33\, V_{C_2H_2}}, \tag{10.6}$$

unde: $V_{C_2H_2}$ este consumul de acetilenă în l/h; P_{inf} — puterea inferioară teoretică a flăcării oxiacetilenice. Randamentul flăcării oxiacetilenice scade o dată cu creşterea debitului de acetilenă (fig. 10.7). În concluzie, încălzirea efectivă a flăcării oxiacetilenice este influenţată în general de factorii: raportul amestecului O_2/C_2H_2, viteza amestecului de gaze

prin ajutajul suflaiului, distanţa de la ajutaj pînă la suprafaţa piesei de sudat; înclinaţia suflaiului, viteza şi metoda de sudare, grosimea şi proprietăţile termofizice ale piesei de sudat.

Căldura dată de flacăra oxiacetilenică nu se repartizează uniform pe suprafaţa piesei de încălzit, iar coeficientul de concentrare a căldurii este $k = 0{,}2-0{,}4$.

10.2.3. ANALIZA COMPARATIVĂ A ARCULUI ELECTRIC ŞI A FLĂCĂRII OXIACETILENICE

Arcul electric, în comparaţie cu flacăra oxiacetilenică, dezvoltă o căldură mai mare şi foarte concentrată. În cazul arcului electric cu electrod metalic învelit, $k = 1{,}3$ iar în cazul flăcării oxiacetilenice, $k = 0{,}4$, deci de circa 3 ori mai mic. La aceeaşi putere efectivă, suprafaţa încălzită cu arcul electric este mult mai mică, decît aceea încălzită cu flacără oxiacetilenică. În graficul din fig. 10.8 se prezintă repartiţia căldurii atît la sudarea cu arc electric cît şi la sudarea cu flacără oxiacetilenică, avînd fiecare puterea de $P = 9\,400$ W.

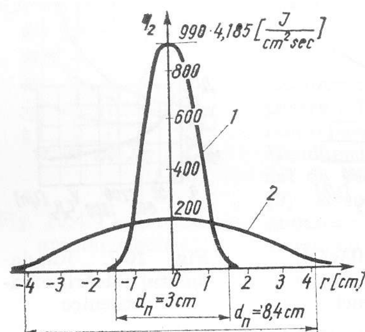


Fig. 10.8. Fluxul de căldură: 1 — pentru arc; 2 — pentru flacără oxiacetilenică

La sudare se foloseşte arcul electric, care are un randament mai bun şi o zonă influenţată termic mult mai mică (1,5 faţă de 4,2 cm, în cazul flăcării). De asemenea, se recomandă folosirea arcului electric la sudarea pieselor de grosime mai mare şi conductibilitate termică mare iar flacăra la sudarea pieselor de grosime mai mică.

10.2.4. CÎMPUL TERMIC LA SUDAREA PRIN TOPIRE

Repartizarea cîmpului termic în piese în timpul procesului de sudare se face diferit şi depinde de mărimea şi forma piesei, de felul materialului piesei şi de felul sursei de căldură. În cazul sudării pe o piesă cu dimensiuni mari apare un cîmp termic tridimensional (fig. 10.9). În cazul sudării pe o placă cu grosimea s, repartizarea cîmpului termic este prezentată în fig. 10.10.

Izotermele sînt foarte concentrate în jurul sursei şi anume în faţa ei, apoi se răresc, determinînd o zonă influenţată termic a cărei mărime depinde de puterea sursei şi de viteza de sudare.

Mărimea zonei influenţate termic depinde de raportul: $\frac{P}{v_s}\left[\frac{\text{J}}{\text{cm}}\right]$. Energia liniară a sursei se exprimă cu relaţia

$$Q_1 = \frac{\eta UI}{v_s}\left[\frac{\text{J}}{\text{cm}}\right]. \tag{10.7}$$

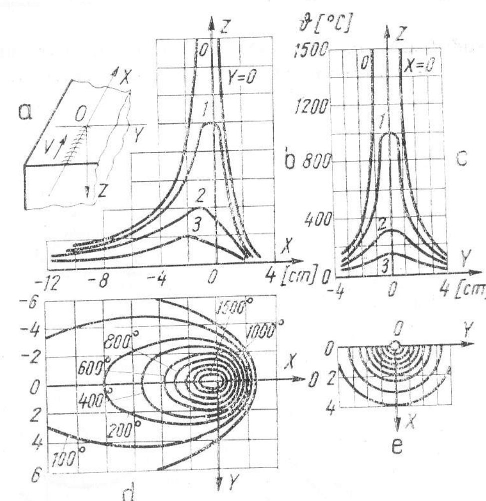


Fig. 10.9. Cîmpul termic la sudarea pieselor cu grosime mare

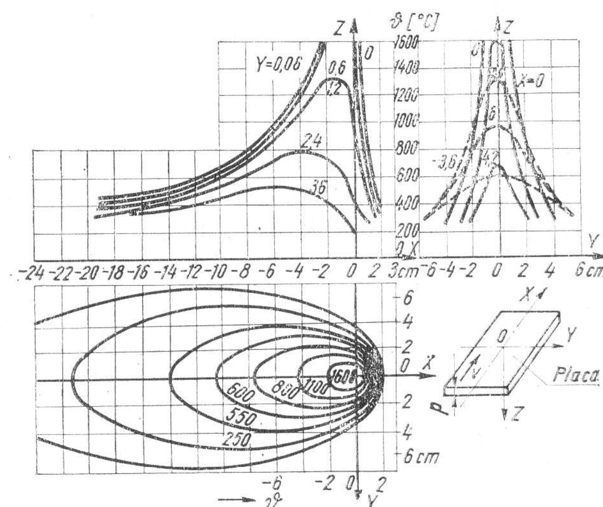


Fig. 10.10. Cîmpul termic la sudarea pieselor cu grosime mică

Materialul piesei de sudat are influenţă asupra repartizării cîmpului termic (fig. 10.11) la sudarea pe o placă de oţel carbon obişnuit, oţel crom nichel, aluminiu şi cupru, cu acelaşi regim de sudare ($P = 4\,185$ W şi $v_s = 0{,}2$ cm/s).

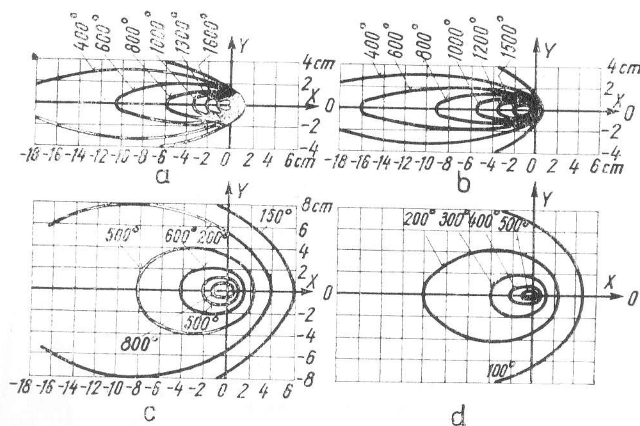


Fig. 10.11. Cîmpul termic în piese din oţel, cupru, aluminiu: *a* — placă de oţel carbon obişnuit; *b* — placă de oţel crom-nichel; *c* — placă de aluminiu; *d* — placă de cupru

Cunoaşterea repartiţiei temperaturilor într-o piesă în timpul sudării ajută la stabilirea tensiunilor, deformaţiilor şi a structurilor care se formează în timpul procesului de sudare.

10.2.5. EFECTUL JOULE-LENZ SURSĂ DE CĂLDURĂ LA SUDARE

Încălzirea pieselor la sudarea prin presiune se poate face electric şi cu flacără de gaz. Cel mai folosit este însă procedeul electric de sudare prin presiune.

Cantitatea de căldură produsă de curentul electric într-un conductor este determinată după legea Joule Lenz prin expresia

$$Q = RI^2t. \tag{10.8}$$

Rezistenţa circuitului de sudare este formată din: rezistenţa porţiunilor încălzite ale pieselor de sudat, R_p; rezistenţa de contact dintre piese R_{cp} şi rezistenţa de contact

dintre electrod şi piesă R_{cep}. (fig. 10.12). Rezistenţa circuitului la sudarea electrică prin presiune se poate exprima prin relaţia:

$$R = 2R_p + R_{cp} + 2R_{cep}. \tag{10.9}$$

Cantitatea de căldură care se degajă se poate exprima mai exact prin ecuaţia:

$$Q = \int_0^t (2R_p + R_{cp} + 2R_{cep})\, I^2\, dt. \tag{10.10}$$

Pentru procesul de sudare sînt utile numai căldura degajată în metalul de bază şi cea provenită de la contactul dintre piesele care se îmbină. Rolul relativ al fiecăreia dintre aceste cantităţi de căldură variază în diferitele cazuri de sudare.

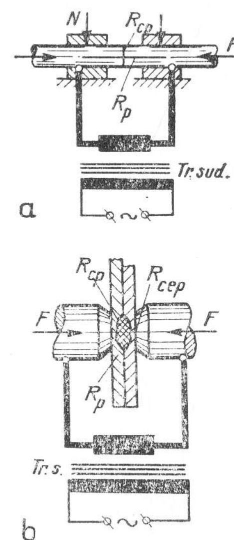


Fig. 10.12. Schema procesului de sudare electrică prin presiune: *a* — cap la cap; *b* — prin puncte

10.3. MATERIALE FOLOSITE LA SUDAREA PRIN TOPIRE

10.3.1. MATERIALE FOLOSITE LA SUDAREA ELECTRICĂ CU ARC

La sudarea electrică prin topire se folosesc electrozi înveliţi, electrozi neînveliţi şi fluxuri. Electrozii pentru sudare pot fi fuzibili şi nefuzibili, cei nefuzibili fiind de cărbune sau de wolfram.

Electrozii fuzibili înveliţi sau neînveliţi sînt cei mai folosiţi în procesul de sudare. Sîrma electrodului fuzibil are o compoziţie cît mai apropiată de a metalului de bază şi cu un conţinut cît mai redus de impurităţi. La sudarea oţelurilor aliate se folosesc electrozi atît din sîrme corespunzătoare aliate, cît şi din sîrme de oţel nealiate alierea făcîndu-se în arcul electric cu elemente ce provin din înveliş sau din flux. Mărcile şi utilizarea cîtorva sîrme pentru sudarea oţelurilor se dau în tabelul 10.2.

10.3.1.1. ELECTROZI ÎNVELIŢI PENTRU SUDARE. O parte din electrozii fabricaţi în ţară (STAS 1125-64) sînt prezentaţi în tabelul 10.3.

După natura învelişurilor electrozii de uz general pentru sudarea electrică se pot împărţi în următoarele grupe:

Electrozi cu înveliş oxidant. Învelişul acestor electrozi conţine oxizi metalici, silicaţi naturali şi foarte puţine substanţe dezoxidante. La sudare arcul arde foarte stabil. Învelişul nu asigură o protecţie bună împotriva aerului şi cusătura conţine oxizi şi nitruri. De asemenea atmosfera oxidantă din spaţiul arcului face ca siliciul şi manganul din sîrmă să treacă în zgură, iar carbonul să ardă. Sudura executată cu aceşti electrozi are însuşiri mecanice slabe, în special plasticitatea a scăzut, de aceea se folosesc la lucrări de sudare neimportante.

Electrozi cu înveliş acid. Învelişul conţine oxizi metalici, silicaţi naturali, substanţe organice şi dezoxidanţi. La sudare arcul arde stabil şi cusătura se formează uniform.

Metalul din electrod trece în picături fine, din cauza peliculei de oxizi, care măreşte tensiunea superficială. Pătrunderea aerului în spaţiul arcului este împiedicată de mediul gazos cu suprapresiune, produs de arderea substanţelor organice. În sudură intră puţin siliciu şi mangan în raport cu cantitatea de feroaliaje din înveliş manganul din înveliş serveşte în cea mai mare parte ca dezoxidant. Siliciul care intră în cusătură frînează oxidarea carbonului şi deci se evită formarea porilor din cauza oxidului de carbon. Mediul oxidant protejează cusătura şi faţă de hidrogen. Este importantă însă alegerea corespunzătoare a proporţiei între oxizii de fier şi feromangan, deoarece dacă e mult oxid de fier acesta frînează trecerea siliciului în sudură şi din această cauză apar pori datorită oxidării carbonului.

Electrozii cu înveliş titanic (rutilic). Învelişul acestor electrozi este similar cu al electrozilor acizi cu deosebirea că în locul oxizilor de fier se introduce rutil sau ilmenit. Zgura are o viscozitate ceva mai mare decît la electrozii acizi şi permite sudarea de poziţie. Proprietăţile mecanice ale cusăturilor sudate cu electrozi acizi şi titanici sînt bune. Rezilienţa însă nu depăşeşte valoarea de 110 J/cm² din cauza oxizilor de fier care se dizolvă în cusătură. Electrozii acizi şi titanici se folosesc la construcţii din oţeluri cu puţin carbon sub 0,2% şi oţeluri slab aliate.

Electrozi cu înveliş bazic. La aceşti electrozi învelişul conţine carbonaţi de calciu, fluorină, puţini silicaţi naturali şi feroaliaje după necesităţi. Electrozii bazici ard stabil la sudare numai în curent continuu, din cauza fluorinei care măreşte tensiunea de ionizare. Picăturile sînt mari şi formarea cusăturii este dificilă. Învelişurile bazice sînt higroscopice, din cauza carbonaţilor şi fluorinei, de aceea înainte de sudare se recomandă uscarea electrozilor la temperatura 200°—300°C timp de 2—3 h. Sudurile executate cu electrozi bazici sînt mai pure şi au un conţinut de gaze scăzut şi caracteristici mecanice superioare. Metalul depus are o plasticitate mare şi o rezilienţă care poate ajunge la 240 J/cm².

Electrozii bazici se folosesc la sudarea construcţiilor greu solicitate, la sudarea oţelurilor mediu şi bogat aliate. Spaţiul arcului avînd un mediu aproape neutru, asigură o bună trecere a elementelor de aliere şi de aceea toţi electrozii care lucrează cu sîrmă aliată sau care lucrează pe principiul alierii în arcul electric, au învelişuri bazice. Cu electrozi bazici se poate suda şi în curent alternativ, fapt care a mărit considerabil aplicarea practică a acestor electrozi.

Electrozi cu înveliş celulozic. Învelişul conţine în special substanţe organice. La sudare se dezvoltă multe gaze şi se împiedică intrarea aerului în arc. Oxizii şi nitrurile care eventual s-au format sînt reduse de hidrogenul prezent în cantitate mare: $FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$; $2Fe_4N + 3H_2 \rightarrow 8Fe + 2NH_3$. În sudură intră însă mult hidrogen, circa 27 cm³ la 100 g cusătură, faţă de circa 15 cm³ la electrozii acizi şi circa 8 cm³ la electrozii bazici. Hidrogenul din cusătură se poate reduce cu ajutorul oxizilor metalici din înveliş care leagă hidrogenul sub formă de hidroxizi.

Sorturi cu electrozi înveliţi pentru utilizări speciale. În afara electrozilor enumeraţi se produc şi alte tipuri cu utilizări speciale ca: electrozi cu pătrundere adîncă, electrozi cu pulbere de fier în înveliş, electrozi bimetalici etc.

10.3.1.2. FLUXURI PENTRU SUDARE. Fluxurile pentru sudare cu arcul electric se clasifică: după modul de fabricaţie (fluxuri topite şi fluxuri netopite sau ceramice); după caracterul zgurei (fluxuri acide şi fluxuri bazice); după domeniul de utilizare (fluxuri obişnuite şi fluxuri speciale).

Fluxurile care, la temperaturi ridicate au rezistivitate electrică mare, se utilizează la sudarea în baie de zgură, la rafinarea sau alierea oţelului prin folosirea metodei de retopire electrică în baie de zgură.

Tabelul 10.2

Sîrme pentru sudarea oţelurilor

Marca sîrmei	Utilizarea principală	Procedee recomandate
S 10 S 10 X S 10 MX S 10 M S 10 M1 S 12 M2	Pentru oţeluri uşor sudabile cu conţinut redus de carbon necalmat şi calmate, la cele mai multe construcţii Pentru oţeluri de construcţie slab aliate cu Mn sau Mn-Si, uşor sudabile	Sudare oxiacetilenică şi automată sub flux silico-manganos Sudare sub flux silico-manganos
S 11 M2 S	Oţeluri carbon şi slab aliate cu Mn sau Mn-Si uşor sudabile	Specială pentru sudarea în mediu de CO_2
S 12 M2 SC S 22 MSC S 22 MoC	Oţeluri slab aliate cu Cr-Mn-Si şi sau cu Mo-C cu rezistenţe de 70...100 kgf/mm²	Sudare în mediu de gaz inert: argon sau sub flux bazic
S 12 Mo S 12 MoC S 10 M2 SMoC	Oţeluri termorezistente pentru ţevi şi cazane cu abur supraîncălzite şi cu înaltă presiune	Sudare în mediu de aragon sau sub fluxuri bazice aliate în mod corespunzător
S 12 C2 Mo S 12 C5 Mo	Pentru oţeluri de cracare rezistente la hidrogen sub presiune	În unele cazuri şi cu flacără oxiacetilenică
S O8 N3 S O8 C14 S 12 C17 T S 15 C25 T S O4 C19 N9 S 06 C19 N9	Pentru oţel similar, aliat cu Ni Oţeluri feritice şi ferito-perlitice, înalt aliate cu crom Pentru oţeluri înalt aliate cu nichel şi crom,de aceeaşi compoziţie sau similară	Sudare în mediu de argon în hidrogen atomic sau sub fluxuri bazice aliate în mod corespunzător pentru menţinerea în limitele prescrise a compoziţiei şi a proprietăţilor metalului depus prin sudare
S O8 C19 N9 T S 10 C19 N10 Nb S O6 C19 N11 Mo2 SO6C19N11Mo2Nb SO8C19N10Mo2T	Pentru oţeluri înalt aliate cu nichel şi crom de aceeaşi compoziţie sau similară, cu conţinuturi de elemente stabilizatoare pentru evitarea coroziunii intercristaline şi a fisurilor	
S12 N25 C16 Mo6 S32 N35 C15 W3 Nb3T SO9 C25 N13 S10 N5O	Pentru oţeluri înalt aliate cu nichel şi crom, de aceeaşi compoziţie sau similară Pentru oţel înalt aliat cu Ni	

Tabelul 10.3

Electrozi înveliţi pentru sudare

Tipul	Marca electrodului	Metalul depus						Îmbinarea sudată				Destinaţia principală
		σ_r kgf/mm² min	ε_5 % min	σ_c kgf/mm² min	KCU 30/2 KCU 30/5 ** kgf · m/cm² min: epruvetă cu crestătură tip *c*	epruvetă cu crestătură tip *b*	*S* max. %	P max. %	Material de bază	σ_r kgf/mm² min.	Unghi de îndoire grade	
1	EL-38T	38	18	—	—	—	0,05	0,005	OL38	38	90	Pentru oţeluri carbon necalmate cu max. 0,20% C, table şi profile subţiri sau mijlocii
	EL-38A	38	18	—	—	—						
2	EL-42A	42	22	28	8	7	0,05	0,05				Pentru oţeluri carbon calmate şi necalmate cu max. 0,25% C
2a	EL-44T	44	22	30	9	8	0,05	0,05	OL42	42	120	
2b	EL-44C	44	22	32	8	7	0,05	0,05				
2c	EL-42TFc	42	22	28	8	7	0,05	0,05				
3	EL-42B	42	26	30	14	13	0,04	0,04	OL42	42	180	Pentru oţeluri carbon calmate şi necalmate cu max. 0,30%C puternic solicitate dinamic şi oţeluri slab aliate
3a	EL-42B	42	24	28	14	13	0,04	0,04	OL42	42	180	
4	EL-46T	46	22	32	8	7	0,05	0,05	LOM16	46	120	
5	EL-46B	46	24	32	14	12	0,04	0,04	10M16	46	150	
6	EL-50*)	50	16	—	6	5	0,05	0,05	18M14	50	90	
7	EL-50B	50	22	36	13	12	0,04	0,04	18M14	50	150	Pentru oţeluri calmate, cu carbon între 0,3...0,5% şi oţeluri slab aliate cu Mn şi Si
8	EL-55B	55	20	40	12	11	0,04	0,04	25SM14	55	140	
9	EL-60*)	60	16	—	6	5			—	—	—	Pentru oţeluri de înaltă rezistenţă
10	EL-60B*)	60	18	—	10	9			—	—	—	
11	EL-70*)	70	12	—	6	5			—	—	—	
12	EL-85*)	85	12	—	5	5			—	—	—	
13	EL-100B	100	10	—	5	5			—	—	—	
14	EL-125*)	125	6	—	4	4			—	—	—	
15	EL-145*)	145	5	—	4	4			—	—	—	

*) Se fabrică numai pe bază de înţelegere între părţi
**) Conform STAS 5540–65

Obs. Caracteristicile mecanice pentru electrozii EL85, EL-100B, EL-125 şi EL-145 sînt obţinute după tratamentul termic specificat în fişa tehnică respectivă

Fluxurile se numesc acide sau bazice după cum este valoarea raportului, suma oxizilor bazici/suma oxizilor acizi:

$$\frac{CaO + MgO + MnO}{SiO_2 + FeO + TiO_2} = B;$$

$B = 1$ fluxul sau învelişul are caracter neutru; $B < 1$ fluxul sau învelişul are caracter acid; $B > 1$, fluxul sau învelişul are caracter bazic.

Fluxurile topite sînt acelea la care substanţele sînt topite împreună la temperatura de 1400–1500°C, iar după solidificare sînt măcinate la granulaţia dorită. Avînd în vedere compoziţia chimică a fluxurilor topite precum şi acţiunea lor chimică în procesul de sudare acestea se pot clasifica în cinci categorii:

— Fluxuri bogate în SiO_2 şi MnO. Aceste fluxuri conţin 40–50% SiO_2 şi 35–45% MnO. Din cauza conţinutului ridicat în SiO_2 şi MnO, în sudură se introduce siliciu şi mangan astfel încît oţelurile de construcţie să se poată suda cu acest flux şi cu sîrmă nealiată de tipul S10 sau S10x. Fluxurile acestea sînt puternic acide, ceea ce înseamnă că sînt sensibile la rugină şi oxizi. Sulful şi fosforul poate fi introdus sub forma impurităţilor în oxizii de mangan, iar aciditatea fluxului nu favorizează desulfurarea şi defosforarea băii de sudură. Exemplu din aceste fluxuri: AN348, OST45, VUS34M; UM50.

— Fluxuri bogate în SiO_2 şi cu puţin MnO. Aceste fluxuri conţin 40–50% SiO_2 şi 15–20% MnO. În cusătură se introduce suficient siliciu, dar prea puţin mangan. Din acest motiv sudarea oţelurilor de construcţie cu acest flux se poate face numai cu sîrmă aliată cu 0,8–1,2% Mn. Conţinutul redus în MnO are drept consecinţă o limitare a cantităţii de sulf şi fosfor introdusă în cusătură. În această categorie intră şi fluxurile fără MnO, la care sudarea trebuie făcută cu sîrme aliate cu 2–3% Mn. Exemplu din aceste fluxuri AN1, An2, VUS28, UM90, TIM (Pie 18).

— Fluxuri cu puţin SiO_2 şi MnO. Aceste fluxuri au caracter bazic. Cu ele se obţine o bună desulfurare şi defosforare a băii de sudură, ceea ce determină o creştere a plasticităţii cusăturii şi o scădere considerabilă a incluziunilor nemetalice din cusătură. Sîrmele de sudură folosite cu aceste fluxuri trebuie să fie aliate cu siliciu şi mangan pentru a avea în cusătură suficiente elemente de aliere. Exemple din aceste fluxuri: AN22. VUS2B, AN30, Grau RFG. Atmosfera arcului electric este puţin oxidantă, deci elementele de aliere trec în cusătură cu pierderi mici. Pentru acest motiv ele se folosesc la sudarea oţelurilor aliate, cu sîrmă de sudură de aceeaşi compoziţie cu a metalului de bază. Principalul dezavantaj al fluxurilor bazice constă în aceea că la sudare, arcul este mai puţin stabil şi se recomandă sudarea în curent continuu. Lipsa oxigenului din spaţiul arcului face ca picăturile de metal să fie mai mari, iar suprafaţa cusăturii este mai puţin netedă decît fluxurile acide. În tabelul 10.4 sînt prezentate cîteva fluxuri topite.

— Fluxuri pentru sudare în baie de zgură topită. La sudarea în baie de zgură pe lîngă proprietăţile de protecţie, rafinare şi degazare, fluxul mai trebuie să aibă o rezistivitate electrică mare la temperatura de topire pentru ca efectul Joule Lenz să fie mai puternic.

Fluxurile pentru sudarea în baie de zgură sînt de tipul fluxurilor bogate în SiO_2 şi cu puţin MnO, care au în compoziţia lor 48% SiO, 25% MnO, 17% MgO etc. Conţinutul mare în SiO_2 şi MnO explică rezistivitatea electrică mare a acestui flux la temperaturi înalte. Rezistivitatea electrică la temperaturi ridicate a fluxului se poate realiza folosind fluxuri bazice sau chiar fluxuri pasive.

Fluxurile ceramice se prepară prin amestecarea substanţelor fin măcinate în stare uscată pînă la omogenizare perfectă. După aceea se introduce liantul pînă la obţinerea unei paste consistente care apoi se granulează. Granulele se usucă la 350°C în cuptor. Fluxurile ceramice permit introducerea feroaliajelor pentru alierea în arcul electric şi se fabrică mai uşor, pentru că nu necesită cuptoare cu temperaturi ridicate. Rezistenţa mecanică a granulelor este însă redusă, ceea ce face ca după manipulări repetate să

Tabelul 10.4

Fluxuri topite cu mult SiO_2 şi fără MnO (% din greutate)

Tipul de flux	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	ÇaFe	FeO	KO_2 şi NaO	S+P
AN-5 U.R.S.S.	50–52	26–30	10–14	—	5–6	—	1⩽	—
FT-10 U.R.S.S.	44–47	3,0	28–30	19–21	2–3	1,5	—	0,2
FTL U.R.S.S.	34–37	32–34	16–18	6–7	6–7,5	1,2	—	0,2

Fluxuri topite cu mult SiO_2 şi conţinut mijlociu în MnO (% din greutate)

Tipul de flux	SiO_2	MnO	ÇaO	MgO	Al_2O_2	$ÇaF_2$	FeO	S+P
VUS-152 C.S.R.	47–53	22–28	8–12	7–11	⩽5	—	⩽2,7	⩽0,1
AN-3 U.R.S.S.	48–50	15,5–18,5	5–18	8,5–10	—	2+3,5	⩽2	⩽0,25
THM Pje18 R.D.G.	43	18	21	6	1,4–2,0	5	—	—

Fluxuri topite cu mult SiO_2 şi MnO (% din greutate)

Tipul de flux	SiO_2	MnO	ÇaO	CaF_2	MgO	Al_2O_3	TiO_2	Restul
AN-348 U.R.S.S.	41–44	34–38	6,5	4–5,5	5,5–7,5	4,5		FeOS P
OST-45 U.R.S.S.	38–44	38–47	6,5	6–9	2,5	5		FeOS P
FT-4 U.R.S.S.	45–48	30–33	6,0	2–3	2,0	4,6	5–6	K_2O, Na_2O, FeO,S,P
Z41 C.S.R	41–43	42–46	4,5	4–5	1,0	—		—
VUS 42 MN C.S.R	40–43	38,5–42	3,4	2,5–3,8	1–4	3–6	1–2,5	—
FSA-58 R.S.R.	40–50	30–40	5–8	4–6	—	—		—

apară mult praf în flux. În afară de aceasta fluxurile ceramice sînt mai higroscopice decît cele topite. Fluxurile ceramice pot fi acide sau bazice, de compoziţie asemănătoare cu fluxurile topite. Cele mai folosite fluxuri ceramice sînt de tipul bazic, avînd

Tabelul 10.5

Fluxuri ceramice pentru sudare şi încărcare

Tipul de flux	Al_2O_3	ÇaF_2	FeSi	FeÇr	Çr	Ni	FeTi	Feld-spat	FeMn	Mar-mură	Indicaţii de folosire
Flux SCN decompen-sare	41	52	2	3	1	2					Se sudează oţelul CrNi 18-8 cu sîrmă ca metalul de bază
Flux FCN de aliere	20	25	3	35		14	1				Cu sîrmă de oţel cu puţin carbon
Flux FB1	35	10						35	10	10	Se sudează oţelul cu puţin carbon
Flux FISP-CM	36	9		15				26	15	9	Se foloseşte la încărcarea cu bandă oţel
Flux FM	19	6						15	50	6	Se foloseşte la încărcare

în compoziţia lor, trei substanţe principale: carbonat de calciu, fluorină şi rutil, celelalte elemente intrînd în proporţii mai reduse. Toate fluxurile au în compoziţia lor feroaliaje corespunzătoare destinaţiei lor şi lucrează pe principiul alierii în arcul electric. În tabelul 10.5 se prezintă cîteva fluxuri ceramice.

10.3.2. MATERIALE FOLOSITE LA SUDAREA CU FLACĂRĂ DE GAZE

10.3.2.1. SÎRMĂ PENTRU SUDARE. La sudarea cu flacără oxiacetilenică sîrmă trebuie să îndeplinească următoarele condiţii: diamantul sîrmei de sudură trebuie să corespundă grosimii tablelor (pieselor) de sudat pentru alegerea căruia se foloseşte relaţia $d_e = (1{,}5 \ldots 2)\sqrt{s}$, unde s este grosimea piesei care se sudează, în mm; să fie curată lipsită de rugină, uleiuri sau alte substanţe sau corpuri străine.

La sudarea oxiacetilenică a construcţiilor importante din oţel cu conţinut redus în carbon se recomandă folosirea sîrmelor de sudare din oţel aliat cu Si, Mn şi Cr. La sudarea oţelurilor cu conţinut ridicat în elemente de aliere, sîrma de adaos are, deobicei, aceeaşi compoziţie chimică ca şi materialul de bază. Pentru sudarea fontei cenuşii se folosesc sîrme, bare de sudare din fontă, turnate, cu diametrul de 6, 8, 10 şi 12 mm. La sudarea pieselor din fontă sîrma trebuie să conţină 3–3,6% C, 3–3,5% Si, 0,5–0,8% Mn, 0,2–0,5% P iar sulf mai puţin de 0,08%, STAS 1126-64.

10.3.2.2. FLUXURI PENTRU SUDAREA OXIACETILENICĂ. Dezoxidarea metalului topit, prin dizolvarea şi separarea din el a oxizilor şi a altor incluziuni nemetalice

se face cu ajutorul unor fluxuri care se introduc în baia de sudură. Prin formarea unui strat de zgură la suprafaţa băii de sudură se protejează metalul topit împotriva oxidării.

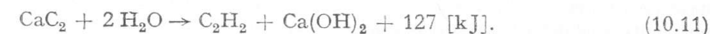
În tabelul 10.6 sînt date cîteva fluxuri pentru sudarea cu flacără oxiacetilenică. Fluxurile pentru sudarea aluminiului fiind foarte higroscopice, trebuie păstrate în borcane închise ermetic. După sudare, resturile de flux se spală cu apă fierbinte şi se neutralizează cu o soluţie chimică corespunzătoare.

Tabelul 10.6

Fluxuri pentru sudarea cu flacără oxiacetilenică

Metalul care se sudează	Compoziţia chimică a fluxului, %																
	Borax	Acid boric	Fosfat disodic	Carbonat de potasiu	Carbonat de sodiu	Bicarbonat de sodiu	Clorură de sodiu	Clorură de potasiu	Clorură de litiu	Clorură de bariu	Clorură de zinc	Clorură de amoniac	Fluorură de potasiu	Fluorură de sodiu	Fluorină	Azotat de sodiu
Oţeluri aliate cu Cr,Ni	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fontă	56	—	—	22	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	23	—	—	—	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50
	—	—	—	—	30	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cuprul şi aliajele lui	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	50	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	50	53	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	56	—	—	22	—	—	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	45	30	10	—	—	—	15	—	—	—
Aluminiul şi aliajele lui	—	—	—	—	—	—	35	48	9	—	—	—	—	8	—	—
	—	—	—	—	—	—	19	29	—	48	—	—	—	—	4	—
Zinc	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	50	—	—	—	—

10.3.2.3. GAZE FOLOSITE LA SUDARE. Acetilena este un gaz ce se obţine în urma reacţiei dintre carbura de calciu şi apă:



$$CaC_2 + 2\,H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2 + 127\ [kJ]. \qquad (10.11)$$

Carbura de calciu tehnică (carbidul) conţine şi substanţe străine în proporţie destul de mare circa 20%. De aceea dintr-un kg de carbid se obţine 240–300 l acetilenă.

Amestecul acetilenei cu unele gaze prezintă pericolul de explozie. Prezenţa oxigenului, a aerului, a clorului în acetilenă, măreşte pericolul de explozie, deoarece la reacţia acestor gaze cu acetilena se produce o cantitate de căldură suficientă pentru amorsarea reacţiei de descompunere explozivă.

Hidrocarburile. Majoritatea hidrocarburilor gazoase au putere calorifică apropiată de cea a acetilenei. În tabelul 10.7 sînt indicate caracteristicile mai importante ale gazelor combustibile folosite la sudare. Se folosesc cu bune rezultate la sudare şi tăiere, metanul şi gazele petroliere făcîndu-se astfel economie de acetilenă.

Tabelul 10.7

Principalele caracteristici ale gazelor folosite în ţară

Gazul	Formula chimică	Puterea calorifică kcal/m³	Căldura utilizabilă kcal/m³	Temperatura flacării	Densitatea fluxului de căldură kcal/s.cm²
Acetilenă	C_2H_2	13600	5050	3200	—
Metan	CH_4	8550	1400	1900	10,7
Propan	C_3H_8	22350	1150	1950	2,56
Butan	C_4H_{10}	29510	1100	2000	—
Hidrogen	H_2	2570	1300	2000	2,34

Oxigenul. La sudare cu flacără de gaz se foloseşte oxigenul pentru a spori randamentul procesului de ardere. Oxigenul se prepară din aerul atmosferic prin lichefiere şi distilarea fracţionată. Oxigenul comprimat, în contact cu substanţe organice (uleiuri, grăsimi, celuloze) poate să provoace autoaprindere producînd explozii. Oxigenul poate fi transportat şi depozitat sub formă lichidă la presiune atmosferică sau în stare gazoasă, în butelii comprimat la 150 $\frac{daN}{cm^2}$. Buteliile au 40 l, capacitatea $\left(6000\ l\right.$ oxigen gazos la 0 °C şi 10,13 $\left.\frac{N}{cm^2}\right)$. Puritatea oxigenului are importanţă deosebită la sudare şi tăiere, de aceea se recomandă folosirea unui oxigen cît mai pur în special la tăiere.

10.4. SUDABILITATEA METALULUI DE BAZĂ

Metalul de bază cel mai folosit pentru construcţii sudate este oţelul laminat, forjat şi turnat. Dintre aceste oţeluri, pentru construcţiile sudate se preferă oţelurile calmate (STAS 500-63).

Oţelurile carbon fabricate în ţara noastră se pot folosi astfel: OL 00, pentru scopuri auxiliare; OL 32 şi OL 37 pentru construcţii sudate ca: suporţi, rame, carcase, flanşe, mantale pentru rezervoare etc.; OL 42 şi OLC 25 pentru construcţii sudate ca: flanşe, recipienţi, organe de maşini solicitate variabil etc.; OL 50 şi OLC 35 pentru mantale şi capace pentru recipienţi, rezervoare de presiune mare, batiuri, cadre pentru maşini şi organe de maşini etc. solicitate dinamic.

În general sudabilitatea oţelurilor de construcţie cu carbon se apreciază cu următoarea relaţie:

$$C_e = C + \frac{Mn + Si}{4} \leqslant 0{,}45. \tag{10.12}$$

Conform acestei relaţii oţelurile cu C_e pînă la 0,24% sînt bine sudabile, cele cu C_e pînă la 0,45% satisfăcătoare sudabile şi cele cu C_e peste 0,45% necesită precauţiuni speciale la sudare, determinate pe baza unor încercări prealabile de sudabilitate.

Gradul de sudabilitate metalurgică a oţelurilor aliate se determină prin coeficientul de echivalenţă în carbon C_e dat de relaţia (STAS 7194-65):

$$C_e = C\% + \frac{Mn\%}{6} + \frac{Cr\%}{5} + \frac{Ni\%}{15} + \frac{Mo\%}{4} + \frac{Cn\%}{18} + \frac{(S + P)\%}{2} + 0{,}0024\, s \leqslant 0{,}5\%, \tag{10.13}$$

unde s este grosimea piesei de sudat, în mm. Oţelul este considerat sudabil dacă $C_e \leqslant 0{,}50$. Se mai observă că relaţia de mai sus dă indicaţii orientative, sudabilitatea determinîndu-se de obicei prin încercări metalurgice, tehnologice şi constructive, folosind una din metodele prescrise în standardele sau normele uzinale în vigoare (încercarea durităţii sub sudură, încercarea Kommerel, Schnadt, Kinzel etc.).

10.5. PROCEDEE DE SUDARE PRIN TOPIRE

10.5.1. SUDAREA MANUALĂ CU ARC

10.5.1.1. SURSE PENTRU ALIMENTAREA ARCULUI. Sursa de energie electrică pentru alimentarea arcului poate fi de curent continuu sau alternativ.

În general sursele pentru sudare au caracteristici în conformitate cu fenomenele care se petrec în procesul de sudare. Arderea stabilă a arcului electric este posibilă numai dacă tensiunea sursei variază în mod corespunzător cu schimbările regimului de sudare şi depinde de caracteristica externă a sursei de alimentare $U = f(I)$.

La sursele de curent pentru sudare, caracteristica externă poate fi ca cea prezentată în fig. 10.13. Între caracteristica externă a sursei de curent şi caracteristica statică a

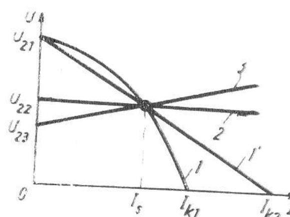


Fig. 10.13. Diferite caracteristici externe:
1 — coborîtoare; *2* şi *3* rigidă

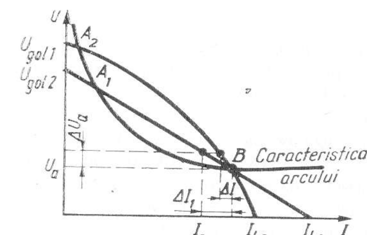


Fig. 10.14. Corelaţia între caracteristica externă şi caracteristica arcului

arcului electric trebuie să existe puncte de intersecţie care reprezintă puncte posibile de funcţionare a arcului electric (sursa are parametrii corespunzător existenţei arcului). În fig. 10.14 punctul B este punct sigur de funcţionare deoarece $U_s > U_a$.

Sursele pentru sudare sînt de construcție specială, atît în ce privește caracteristica externă cît și în ce privește caracteristicile dinamice, care trebuie să asigure o trecere rapidă în maximum 0,03 s din regim de scurtcircuit în regim de mers în sarcină și invers, adică timpul de revenire a tensiunii necesare pentru menținerea arcului să fie de maximum 0,03 s.

Transformatorul pentru sudare. După principiul obținerii caracteristicii externe și după modul de reglare al curentului, transformatoarele pentru sudare pot fi: cu dispersie mărită și șunt magnetic, cu bobină de reactanță separată, cu bobină de reactanță pe același miez, cu reglaj inductiv prin curent continuu.

Transformatorul pentru sudare cu dispersie mărită și șunt magnetic este compus dintr-un miez de tablă silicioasă și înfășurările primară și secundară așezate separat. Prin separarea înfășurărilor și introducerea unui șunt magnetic se mărește fluxul de dispersie și astfel se obține o caracteristică externă coborîtoare. Schema acestui transformator și caracteristica externă sînt reprezentate în fig. 10.15. Acest transformator are un domeniu mare de reglare, factor de putere și randament bune.

Transformatorul cu bobină de reactanță separată este alcătuit dintr-un transformator care reduce tensiunea rețelei la tensiunea necesară amorsării arcului și o bobină de reactanță legată în serie cu circuitul de sudare. Cu ajutorul bobinei de reactanță se reglează curentul de sudare și se obține caracteristica externă coborîtoare. Schema transformatorului cu bobină de reactanță separată este reprezentată în fig. 10.16.

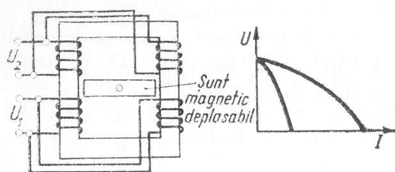


Fig. 10.15. Schema transformatorului pentru sudare cu șunt magnetic și caracteristica sa externă

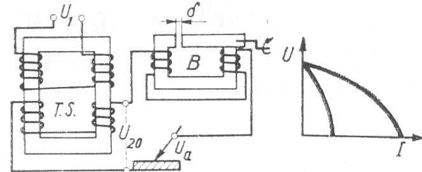


Fig. 10.16. Schema transformatorului cu bobină de reactanță separată și caracteristica sa externă

Acest transformator are proprietăți dinamice bune, permite reglarea fină a curentului de sudare și are tensiunea de mers în gol constantă la reglarea curentului de sudare.

Transformatorul cu bobină de rectanță pe același miez este o combinație între un transformator și o bobină de reactanță montate pe același miez. Prin construcția sa acest transformator are atît legături electrice cît și magnetice cu bobina de reactanță. Din această cauză prin conectarea bornelor bobinei de reactanță cu bornele înfășurării secundare în același sens și în sens contrar se obține un domeniu mare de reglare a curentului de sudare și o caracteristică externă coborîtoare cu tensiunea de mers în gol mare în domeniul curenților mici și mai mică în domeniul curenților mari. Acest lucru favorizează mult sudarea cu electrozi subțiri. Schema transformatorului și caracteristica externă sînt reprezentate în fig. 10.17. Acest transformator are proprietăți dinamice bune și randament ridicat, deoarece fluxul de dispersie este minim.

Generatorul de curent continuu pentru sudare. Generatoarele de curent sînt antrenate de motoare asincrone sau motoare termice cu turație cît mai constantă. Există mai multe tipuri de generatoare de curent continuu pentru sudare, după felul excitațiilor sau forma polilor: generatoare cu excitație separată și serie inversă, generatoare cu excitație proprie și serie inversă, generatoare cu poli divizați și generatoare cu cîmp transversal.

Generatorul cu excitație separată și serie inversă are două înfășurări pentru excitație: o înfășurare alimentată separat W_n de la o sursă de curent continuu și o înfășurare serie inversă W_s. Schema generatorului este reprezentată în fig. 10.18.

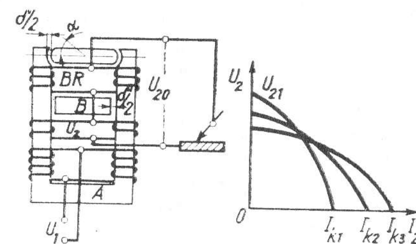


Fig. 10.17. Schema transformatorului cu bobină de reactanță pe același miez și caracteristica sa externă

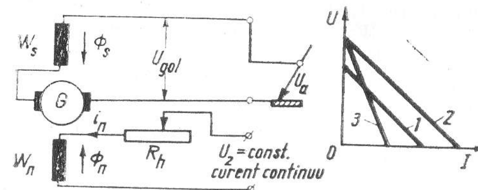


Fig. 10.18. Schema generatorului pentru sudare cu excitație separată și serie inversă, caracteristica sa externă

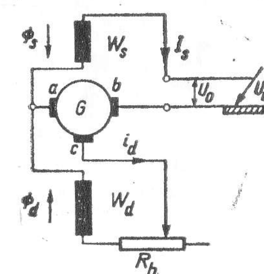


Fig. 10.19. Schema generatorului cu excitație proprie și serie inversă

Fluxul dat de înfășurarea serie inversă este demagnetizant și dă naștere unei caracteristici externe coborîtoare. Reglarea curentului de sudare se poate face prin reostatul R_h și prin modificarea numărului de spire la înfășurarea W_s. Combinarea celor două metode de reglare a curentului conduce la obținerea unor caracteristici externe favorabile procesului de sudare. Acest generator de sudare are caracteristici tehnice și funcționale bune, permite reglarea curentului în limite largi și arcul arde stabil.

Generatorul cu excitație proprie și serie inversă are o înfășurare legată în serie cu circuitul de sudare și una legată la o perie principală și o perie auxiliară conform schemei din fig. 10.19.

Prin modificarea curentului de excitație proprie și a numărului de spire la înfășurarea serie, se poate regla curentul în limite largi și se obține o caracteristică externă coborîtoare favorabilă procesului de sudare.

Generatorul cu poli divizaţi are patru poli de bază, aşezaţi perechi $N_t - N_p$ şi $S_t - S_p$ conform cu fig. 10.20, astfel că în principiu se prezintă o ca maşină cu doi poli. Polii principali $N_p - S_p$ au o secţiune mai redusă şi lucrează în regim magnetic saturat. La mers în sarcină pe direcţia axei neutre (periile $a-b$) ia naştere fluxul reacţiei de indus $\varnothing_i$, care împreună cu fluxurile polilor transversali $\varnothing_t$ şi polilor principali $\varnothing_p$ dau naştere unei caracteristici externe coborîtoare, favorabilă sudării.

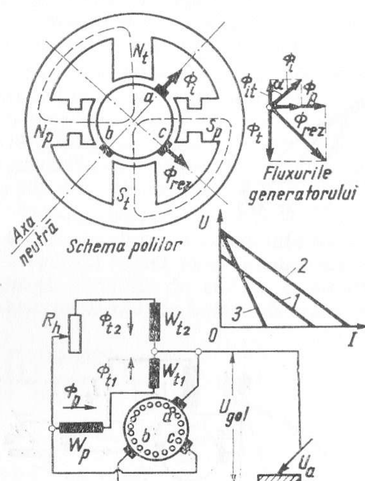


Fig. 10.20. Schema generatorului cu poli divizaţi şi caracteristica sa externă

Reglarea curentului de sudare se poate face prin rotirea cu unghiul α al periilor $a-b$ (cînd se modifică fluxul reacţiei de indus) sau cu reostatul R_h (cînd se modifică fluxul $\varnothing_t$). Acest generator de sudare are proprietăţi dinamice foarte bune, permite reglarea curentului în limite largi şi nu necesită o sursă separată pentru alimentarea înfăşurărilor de excitaţie.

Redresorul pentru sudare. Este compus dintr-un transformator trifazat T, bobine de reactanţă B_r, pe fiecare fază, o înfăşurare pentru premagnetizare W_p, alimentată în curent continuu de la P_{r2} şi puntea redresoare trifazată P_{r1} (fig. 10.21, *a*). Transformatorul T are caracteristica externă rigidă. Caracterul coborîtor al caracteristicilor externe al instalaţiei (fig. 10.21, *b*) se obţine datorită sistemului de bobine de reactanţă B_r şi înfăşurării W_p. Reglarea curentului de sudare se face prin modificarea reactanţelor B_r, cu ajutorul fluxului înfăşurării W_p modificînd curentul de la reostatul R_h. Redresorul pentru sudare are însuşiri dinamice foarte bune şi permite reglarea curentului în limite largi. Are randament mare, gabarit mic, nu face zgomot, este uşor de întreţinut, ceea ce face să devină foarte apreciat.

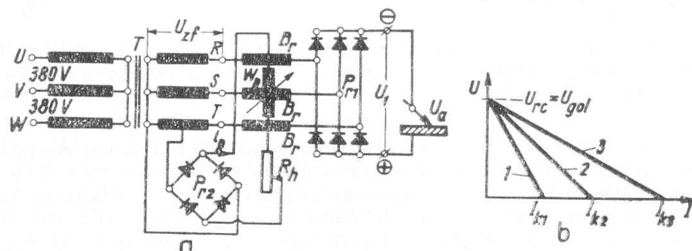


Fig. 10.21. Schema redresorului pentru sudare şi caracteristica sa externă

10.5.1.2. TEHNICA SUDĂRII MANUALE CU ARC. **Pregătirea pieselor pentru sudare.** Pentru obţinerea unor îmbinări sudate cu însuşiri bune, sînt necesare operaţii de pregătire cum sînt: curăţirea pieselor de rugină şi alte impurităţi, teşirea sau prelucrarea marginilor pieselor, spre a se asigura formarea corectă a cusăturii sudate.

Marginile pieselor se prelucrează pentru sudare în funcţie de grosimea lor şi de forma îmbinării sudate conform tabelului 10.8.

Poziţia în spaţiu şi executarea cusăturii sudate. La executarea sudurii nu este indiferentă poziţia sa în spaţiu. După orientarea axei cusăturii şi a normalei la faţa cusăturii, sudurile pot avea poziţiile arătate în fig. 10.22.

Cusătura sudată este alcătuită din rînduri şi straturi de suduri. Rîndul este sudura depusă printr-o singură trecere şi are lăţimea cel mult de două ori diametrul electrodului. Stratul este format din mai multe rînduri alăturate. Grosimea unui strat la sudarea manuală nu este mai mare de 6 mm (fig. 10.23). La sudurile de colţ în T, normala la faţa cusăturii este înclinată faţă de orizontală, de aceea la execuţia lor trebuie respectată ordinea din fig. 10.24. Sudurile în plan vertical sau de plafon se execută în straturi subţiri şi cu mişcări ce permit solidificarea metalului topit, pentru a nu se scurge, fig. 10.25.

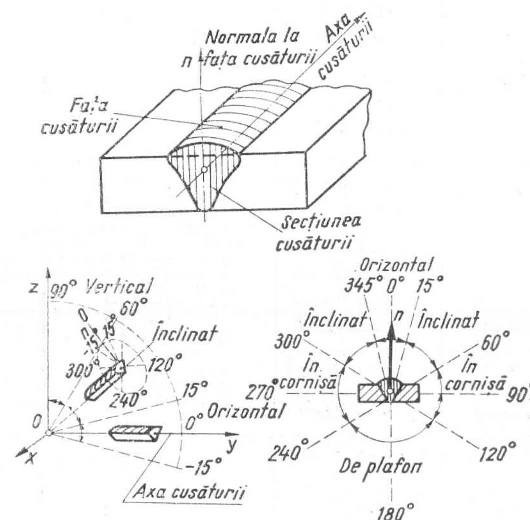
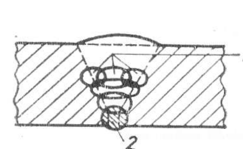
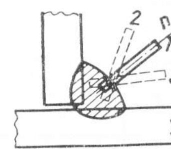


Fig. 10.22. Poziţia în spaţiu a cusăturilor sudate


Fig. 10.23. Rînd şi strat de sudură:
1 — strat de sudură; 2 — rînd de sudură


Fig. 10.24. Ordinea executării sudurilor de colţ

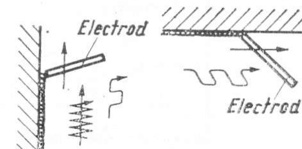


Fig. 10.25. Executarea sudurilor verticale şi de plafon

Tabelul 10.8

Prelucrarea marginilor pieselor în vederea sudării

Pregătire	Forma cusăturii	

δ	1–2	3
a	0,1	0,15
b	$2\delta+0,2$	$2\delta+0,3$

δ	a	b	h
3–3,5	1	8±4	0–2
4–4,5	1,5		0–3
5–5,5		9±4	
6	2		
7			
8			
1	0,5	5±2	0–1,5
1,5			
2	1	6±2	
2,5	1		
3–3,5		9±2	
5–6	2		

δ	b	h	
3–7	$\delta+1,2$	0–3	1±1
8–11	$\delta+1,4$	0–4	2±1
12–17	$\delta+1,6$		
18–26	$\delta+1,9$		

3–8	$\delta+1,1$	0–3	1±1
9–14	$\delta+1,3$	0–4	2±1
15–21	$\delta+1,5$		
22–25	$\delta+1,6$		

12–17	$\delta+3$	0–3
18–29	$\delta+1$	0–4
30–41	$\delta+3$	
47–50	$\delta+8$	0–5

δ	20–23	24–29	30–33	34–41	42–49	50–55	56–60
b	$\delta+9$	$\delta+7$	$\delta+4$	δ	$\delta-3$	$\delta-7$	$\delta-12$
h	0–4		0–5				

δ	20–23	24–29	30–33	34–41	42–49	50–55	56–60
b	$\delta-1$	$\delta-4$	$\delta-9$	$\delta-12$	$\delta-18$	$\delta-24$	$\delta-29$
h	0–4		0–5				

δ	12–15	16–23	24–33	34–40
b	$\delta+4$	$\delta+2$	δ	$\delta-2$
h	0–3	0–4		

Tabelul 10.6 (continuare)

δ	2–2,5	3–4,5	5–6	7–8
δ_1	2–8			
b	6±2	8±3	10±4	12±4
k_1	3			
h	0–1,5	0–2		0–3

δ	1–2,5	3–5	6
δ_1	2–6		
b	6±3	8±4	10±4
h	0–1,5	0–2	0–3

δ	2–30
δ_1	2–30
k	$0,5\delta-\delta$
k_1	3

δ	1–30
δ_1	2–30
k	$0,5\delta-\delta$

δ	4–7	8–11	12–17	18–26
δ_1	4–26			
b	$\delta+1,1$	$\delta+1,3$	$\delta+1,5$	$\delta+1,8$
k_1	3			
h	0–3	0–4		
δ	1±1	2^{+1}_{-2}		

δ	2–4,5	5–6	7–9	10–30
δ_1	$\geqslant\delta$			
k	3	4	5	6–8

δ	2–4,5	5–6	7–9	10–30
δ_1	$\geqslant\delta$			
k	3	4	5	6–8

δ	4–7	8–11	12–17	
δ_1	$\geqslant\delta$			
b	$\delta+9$	$\delta+11$	$\delta+13$	$\delta+16$
h	3±3		4±3	5±3
k_1	3			
δ_1	1±1		2^{+1}_{-2}	

δ	12–17	18–25	26–35	36–47	48–51	52–60
δ_1	$\geqslant\delta$					
b	$\delta+2$	δ	$\delta-2$	$\delta-3$	$\delta-4$	$\delta-5$
h	3±3	5±3	6±3	9±3	11±3	13±3

Regimul de sudare electrică manuală. La sudarea manuală principalii parametri ai regimului de sudare sînt: curentul de sudare, tensiunea arcului electric, viteza de sudare şi diametrul electrodului. Diametrul electrodului se alege în funcţie de grosimea pieselor de sudat, cu relaţia:

$$d_e = 1{,}5\sqrt{s}\ [\text{mm}], \tag{10.14}$$

în care s este grosimea, mm. În funcţie de diametrul electrodului se stabileşte curentul de sudare $I_s = (20 + 5d_e)d_e$, sau $I_s = kd_e$, unde $k = 35-45$. La executarea sudurilor în poziţii dificile se ia un curent de sudare mai mic cu 10–15% faţă de curentul pentru poziţii orizontale.

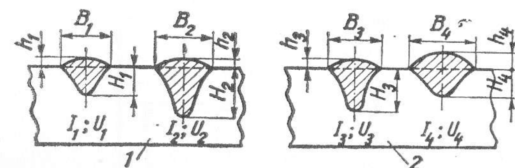


Fig. 10.26. Influenţa U, I asupra formei cusăturii sudate:

1 — influenţa curentului; 2 — influenţa tensiunii

Regimul de sudare are influenţă asupra calităţii şi formei cusăturii sudate după cum urmează: curentul de sudare trebuie să asigure o penetraţie de cel puţin 2 mm, pentru ca cusătura sudată să fie bine formată şi să prezinte rezistenţă mecanică corespunzătoare, tensiunea arcului are o influenţă asupra lăţimii cusăturii şi creează o supraînălţare dacă e mai mare decît cea necesară menţinerii arcului electric. Viteza de sudare influenţează forma geometrică a cusăturii şi penetraţia. Odată cu creşterea vitezei scade secţiunea sudurii. În fig. 10.26 este prezentată influenţa curentului şi a tensiunii asupra cusăturii sudate. Astfel, pentru $I_1 < I_2$ şi $U_1 = U_2$, rezultă $H_2 > H_1$ iar pentru $U_3 < U_4$ şi $I_3 = I_4$, rezultă $B_3 < B_4$ şi $h_3 < h_4$.

10.5.2. SUDAREA AUTOMATĂ ŞI SEMIAUTOMATĂ SUB FLUX

10.5.2.1. PRINCIPIUL PROCEDEULUI. La sudarea electrică sub strat de flux, arcul arde între capătul electrodului şi piesă sub un strat de substanţă granulată numită flux. În fig. 10.27 este reprezentat schematic procedeul de sudare sub strat de flux.

Sîrma de sudare *1*, este debitată de bobina *2*, în zona arcului, prin capul de sudare *3*. Din buncărul *5*, prin ţeava *4*, se depune pe piesă fluxul *8*. Fluxul netopit la sudare se aspiră pneumatic înapoi în buncăr prin conducta *6*. Fluxul topit formează prin solidificare pe cusătură o crustă groasă de zgură, *7*. Fluxul se depune pe piesă în spaţiul format de gazele şi vaporii formaţi neîncetat datorită arcului electric.

Densitatea fluxului este circa 1,5 kg/cm³ şi creează o presiune statică asupra metalului lichid de 700–900 N/m², suficientă pentru a înlătura acţiunile mecanice dăunătoare ale arcului asupra băii de metal topit, prin formarea de stropi sau formarea unei cusături nesatisfăcătoare, chiar şi la intensităţi de curent mari.

10.5.2.2. INSTALAŢII PENTRU SUDAREA AUTOMATĂ SUB FLUX. O instalaţie pentru sudarea automată sub flux se compune în general din următoarele părţi: sursa de alimentare cu curent a arcului electric (transformatorul sau generatorul pentru

sudare) capul sau tractorul de sudare, care poartă suportul pentru bobina de sîrmă şi buncărul pentru flux precum şi diferite accesorii.

Capul de sudare fix (suspendat). În cazul capului de sudare suspendat mişcarea relativă dintre cap şi piesa de sudat se obţine prin deplasarea piesei. În fig. 10.28 este reprezentat un cap de sudare destinat sudării pieselor cu grosime pînă la 20 mm, efectuîndu-se suduri cap la cap, prin suprapunere şi în *T*.

Capul de sudare este dotat cu un mecanism pentru avansul sîrmei a cărui schemă cinematică este prezentată în fig. 10.29. Capul de sudare poate fi montat la o instalaţie cu sau fără tablou de comandă.

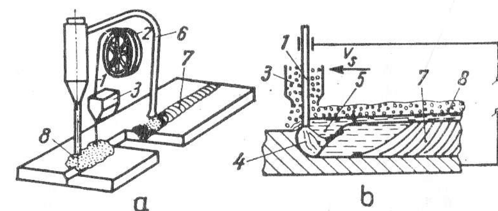


Fig. 10.27. Schema procesului de sudare automată sub flux (*a*) şi secţiune longitudinală prin zona sudurii (*b*)

Capul de sudare autopropulsat. Acesta este un cap de sudare combinat cu un mecanism de deplasare pe o cale de rulare, asigurîndu-se pe lîngă avansul sîrmei şi deplasarea de-a lungul axei rostului de sudare. Capul de sudare autopropulsat de tip SAG este dotat cu un singur motor de antrenare conform schemei cinematice din fig. 10.30. În fig. 10.31 este prezentată vederea generală a capului de

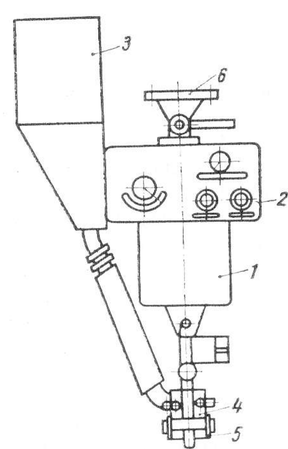


Fig. 10.28. Cap de sudură fix:

1 — corp; 2 — tablou de comandă; 3 — buncăr pentru flux; 4 — piese de contact; 5 — role de direcţie; 6 — suport

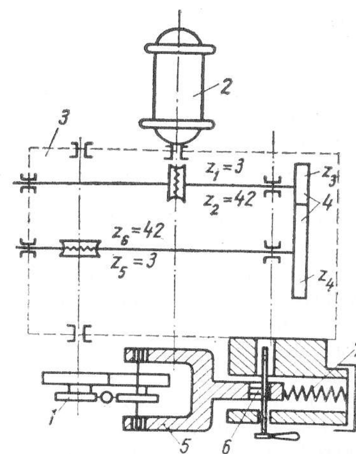


Fig. 10.29. Schema cinematică a capului de sudare fix:

1 — role; 2 — motor; 3 — angrenaje melcate; 4 — roţi de schimb; 5 — piesă; 6 — excentric; 7 — arc

sudare autopropulsat unde s-a notat cu *1* mecanismul de avans al sîrmei, *2* piesa de contact, *3* buncărul pentru flux, *4* suportul pentru sîrmă, *5* mecanimul de deplasare a capului de sudare.

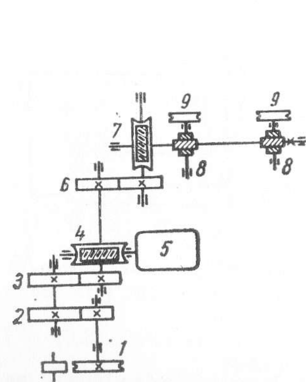


Fig. 10.30. Schema cinematică a capului de sudare autopropulsat:
1 — role; *2*, *3* — roţi; *4* — angrenaj melcat; *5* — motor; *6* — roţi; *7* — angrenaj melcat; *8* — dispozitiv de antrenare; *9* — role

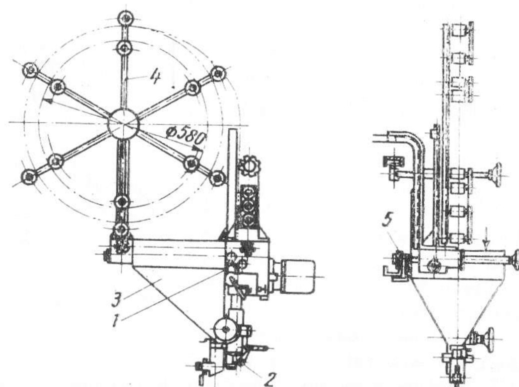


Fig. 10.31. Cap de sudare autopropulsat

Tractorul de sudare (fig. 10.32). Serveşte pentru sudarea automată asigurînd avansul mecanizat al sîrmei cît şi deplasarea capului de sudare direct pe piesele de sudat, de-a lungul rostului de sudare.

Acest tractor este universal, întrucît are posibilitatea de a executa automat suduri de orice tip. Schema cinematică a tractorului este prezentată în fig. 10.33.

Alimentarea tractorului se face conform schemei din fig. 10.34. La punerea instalaţiei în funcţiune se închide întrerupătorul principal *IP* şi se observă becul de control aprins. Se apasă apoi butonul B_1 şi bobina releului *CP* primeşte tensiune şi închide contactele printre care şi contactul de automenţinere CP_1. Prin închiderea contactului CP_2 bobina contactorului *CT* este alimentată şi se închid contactele CT_1 şi CT_2. O dată cu închiderea contactorului CT_2, transformatorul de sudare este alimentat de la reţea. Alimentarea motorului M_B se face prin închiderea contactorului CT_1. Înainte de începerea procesului de sudare sîrma este adusă în contact cu piesa. Pentru amorsarea arcului electric se apasă butonul B_1 circa 1 secundă şi motorul M_B se roteşte astfel încît sîrma se ridică de la piesă permiţîndu-se aprinderea arcului. După eliberarea B_1 motorul schimbă sensul de rotaţie, antrenînd sîrma spre piesă şi căruciorul în direcţia de sudare, iar procesul de sudare se desfăşoară normal. La oprirea procesului de sudare se apasă butonul B_3 care deconectează alimentarea releului *CP* şi o dată cu aceasta şi a contorului principal *CT*. Totodată şi sîrma este ridicată de la piesă şi arcul se stinge.

10.5.2.3. INSTALAŢIE PENTRU SUDAREA SEMIAUTOMATĂ SUB STRAT DE FLUX. Instalaţiile semiautomate se folosesc în special la executarea sudurilor mai scurte sau în locuri greu accesibile. La aceste instalaţii este mecanizată numai deplasarea sîrmei, capul de sudare fiind purtat manual de-a lungul cusăturii. Schema instalaţiei

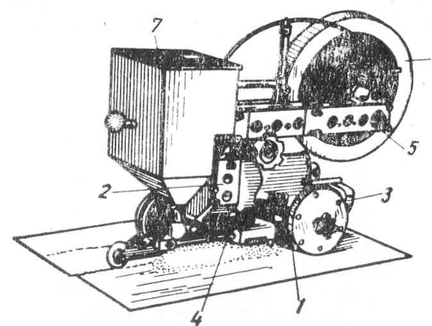


Fig. 10.32. Tractorul de sudare AST2:
1 — motor; *2* — sîrmă cu mecanism de avans; *3* — tractor; *4* — piesă de contact; *5* — pupitrul de comandă; *6* — suport pentru sîrmă; *7* — buncăr pentru flux

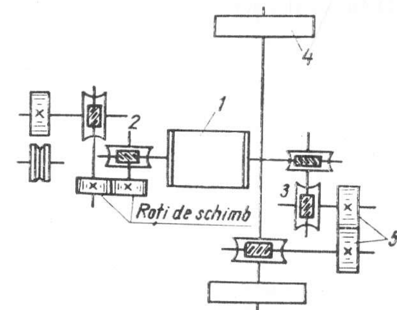


Fig. 10.33. Schema cinematică a tractorului de sudare AST2:
1 — motor; *2* — angrenajele pentru avansul sîrmei; *3* — angrenajele pentru deplasarea tractorului; *4* — roţile tractorului; *5* — roţi de schimb

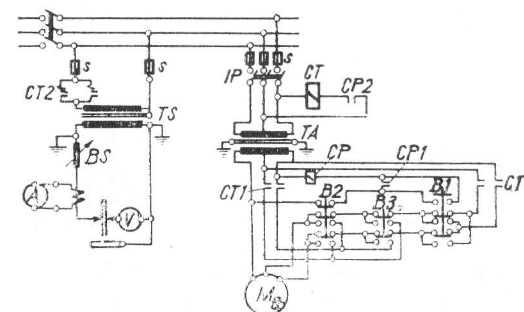


Fig. 10.34. Schema electrică a tractorului AST2

de sudare semiautomată este prezentată în fig. 10.35, *a*. Schema electrică de comandă a deplasării sîrmei electrod este asemănătoare instalaţiei pentru sudare automată. Capul de sudare este prezentat în fig. 10.35, *b*. Comanda avansului sîrmei se face de la întrerupătorul *6* aşezat pe mînerul capului de sudare.

10.5.2.4. PARAMETRII REGIMULUI DE SUDARE AUTOMATĂ SUB FLUX ŞI INFLUENŢA LOR ASUPRA CUSĂTURII SUDATE. Regimul de sudare influenţează şi determină atît forma cusăturii sudate, cît şi compoziţia şi însuşirile ei mecanice.

sudare autopropulsat unde s-a notat cu *1* mecanismul de avans al sîrmei, *2* piesa de contact, *3* buncărul pentru flux, *4* suportul pentru sîrmă, *5* mecanimul de deplasare a capului de sudare.

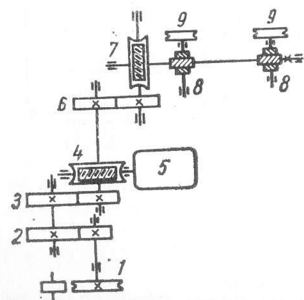


Fig. 10.30. Schema cinematică a capului de sudare autopropulsat:

1 — role; *2*, *3* — roţi; *4* — angrenaj melcat; *5* — motor; *6* — roţi; *7* — angrenaj melcat; *8* — dispozitiv de antrenare; *9* — role

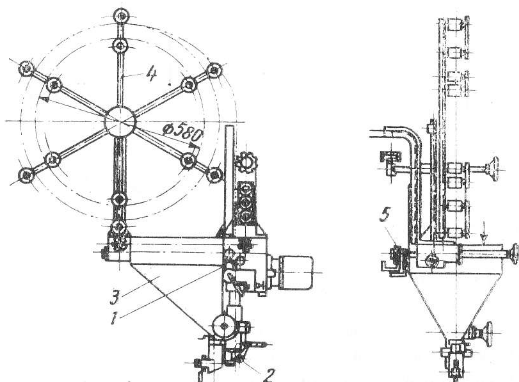


Fig. 10.31. Cap de sudare autopropulsat

Tractorul de sudare (fig. 10.32). Serveşte pentru sudarea automată asigurînd avansul mecanizat al sîrmei cît şi deplasarea capului de sudare direct pe piesele de sudat, de-a lungul rostului de sudare.

Acest tractor este universal, întrucît are posibilitatea de a executa automat suduri de orice tip. Schema cinematică a tractorului este prezentată în fig. 10.33.

Alimentarea tractorului se face conform schemei din fig. 10.34. La punerea instalaţiei în funcţiune se închide întrerupătorul principal *IP* şi se observă becul de control aprins. Se apasă apoi butonul B_1 şi bobina releului *CP* primeşte tensiune şi închide contactele printre care şi contactul de automenţinere CP_1. Prin închiderea contactului CP_2 bobina contactorului *CT* este alimentată şi se închid contactele CT_1 şi CT_2. O dată cu închiderea contactorului CT_2, transformatorul de sudare este alimentat de la reţea. Alimentarea motorului M_B se face prin închiderea contactorului CT_1. Înainte de începerea procesului de sudare sîrma este adusă în contact cu piesa. Pentru amorsarea arcului electric se apasă butonul B_1 circa 1 secundă şi motorul M_B se roteşte astfel încît sîrma se ridică de la piesă permiţîndu-se aprinderea arcului. După eliberarea B_1 motorul schimbă sensul de rotaţie, antrenînd sîrma spre piesă şi căruciorul în direcţia de sudare, iar procesul de sudare se desfăşoară normal. La oprirea procesului de sudare se apasă butonul B_3 care deconectează alimentarea releului *CP* şi o dată cu aceasta şi a contorului principal *CT*. Totodată şi sîrma este ridicată de la piesă şi arcul se stinge.

10.5.2.3. INSTALAŢIE PENTRU SUDAREA SEMIAUTOMATĂ SUB STRAT DE FLUX. Instalaţiile semiautomate se folosesc în special la executarea sudurilor mai scurte sau în locuri greu accesibile. La aceste instalaţii este mecanizată numai deplasarea sîrmei, capul de sudare fiind purtat manual de-a lungul cusăturii. Schema instalaţiei

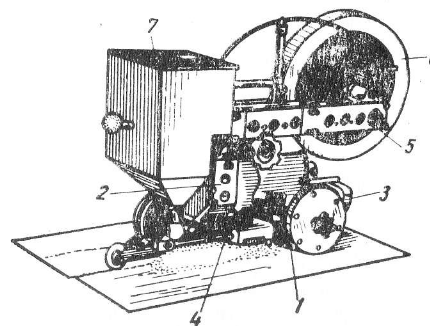


Fig. 10.32. Tractorul de sudare AST2:

1 — motor; *2* — sîrmă cu mecanism de avans; *3* — tractor; *4* — piesă de contact; *5* — pupitrul de comandă; *6* — suport pentru sîrmă; *7* — buncăr pentru flux

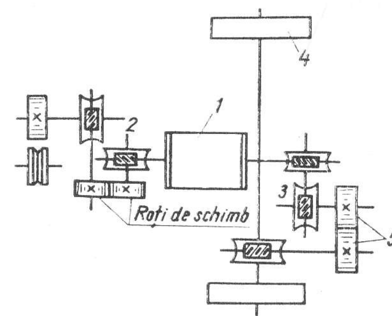


Fig. 10.33. Schema cinematică a tractorului de sudare AST2:

1 — motor; *2* — angrenajele pentru avansul sîrmei; *3* — angrenajele pentru deplasarea tractorului; *4* — roţile tractorului; *5* — roţi de schimb

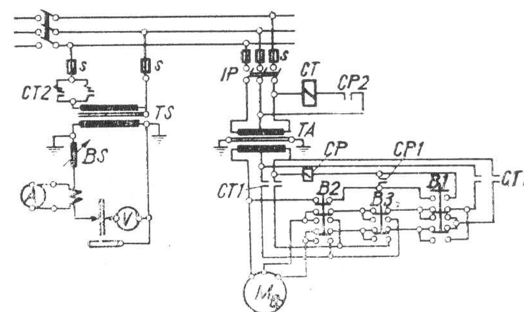


Fig. 10.34. Schema electrică a tractorului AST2

de sudare semiautomată este prezentată în fig. 10.35, *a*. Schema electrică de comandă a deplasării sîrmei electrod este asemănătoare instalaţiei pentru sudare automată. Capul de sudare este prezentat în fig. 10.35, *b*. Comanda avansului sîrmei se face de la întrerupătorul *6* aşezat pe mînerul capului de sudare.

10.5.2.4. PARAMETRII REGIMULUI DE SUDARE AUTOMATĂ SUB FLUX ŞI INFLUENŢA LOR ASUPRA CUSĂTURII SUDATE. Regimul de sudare influenţează şi determină atît forma cusăturii sudate, cît şi compoziţia şi însuşirile ei mecanice.

La sudarea automată sub flux prezintă interes următorii parametri: curentul de sudare, tensiunea arcului electric, viteza de sudare, viteza de avans a sîrmei electrod, diametrul sîrmei electrod, lungimea liberă a sîrmei electrod, unghiul de înclinare al sîrmei electrod faţă de verticală, forma şi deschiderea rostului de sudare şi fluxul de sudare (compoziţia şi granulaţia sa).

Curentul de sudare determină în cea mai mare măsură cantitatea de căldură dezvoltată în arcul electric. Odată cu creşterea curentului de sudare, creşte pătrunderea cusăturii H în metalul de bază. În fig. 10.36 sînt notate elemente geometrice ale cusăturilor sudate.

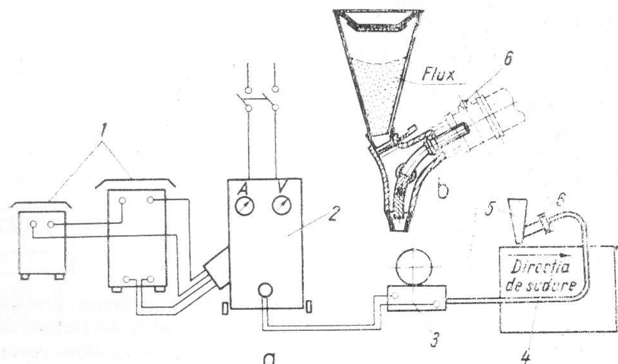


Fig. 10.35. Schema instalaţiei pentru sudarea semiautomată sub flux:

1 — Sursă de alimentare a arcului electric; 2 — cutie cu aparate de comandă; 3 — dispozitivul de antrenare a sîrmei; 4 — cablu flexibil; 5 — capul de sudare

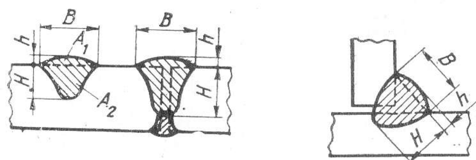


Fig. 10.36. Elementele geometrice ale cusăturii sudate

Participarea metalului de bază la formarea cusăturilor se apreciază prin raportul:

$$k_b = \frac{A_2}{A} \cdot 100 \qquad (10.15)$$

şi aceasta creşte cu creşterea curentului de sudare după cum se observă în graficul din fig. 10.37. Nu se recomandă însă să se sudeze cu curent prea mare, deoarece creşte zona influenţată termic, se formează la margine mici canale, care constituie crestături şi locuri de concentrare a eforturilor.

Tensiunea arcului, are o influenţă mai ales asupra lăţimii cusăturii B. Odată cu creşterea tensiunii arcului scade însă penetraţia şi supraînălţarea (fig. 10.38). Sudarea cu tensiune prea mare nu se recomandă din cauză că poate duce la defecte de nepătrundere în cusătură.

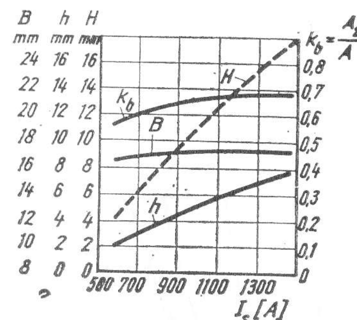


Fig. 10.37. Influenţa curentului asupra geometriei cusăturii

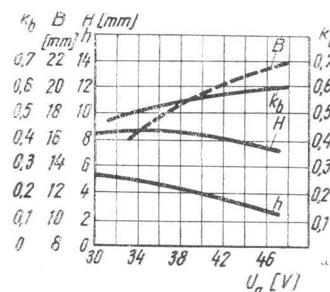


Fig. 10.38. Influenţa tensiunii asupra geometriei cusăturii

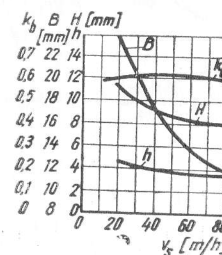


Fig. 10.39. Influenţa vitezei de sudare asupra geometriei cusăturii

Viteza de sudare, are influenţă asupra întregii geometrii a cusăturii sudate şi mai ales asupra lăţimii cusăturii şi penetraţiei (fig. 10.39). Prin creşterea vitezei de sudare creşte şi viteza de răcire. În consecinţă dacă se măreşte viteza de sudare, pentru sporirea productivităţii, trebuie mărită în mod corespunzător şi cantitatea de căldură a arcului electric, în aşa fel ca energia liniară să rămînă aceeaşi:

$$\frac{P_1}{v_{s1}} = \frac{P_2}{v_{s2}} = \text{const}; \quad P[\text{W}]; \quad v\left[\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right] \qquad (10.16)$$

Diametrul sîrmei electrod influenţează lăţimea cusăturii, care creşte odată cu creşterea diametrului.

Lungimea liberă a sîrmei electrod are o influenţă mai mare asupra coeficientului de topire α_T care creşte cu mărirea lungimii libere.

Forma şi deschiderea rostului de sudare are o influenţă mare asupra penetraţiei şi supraînălţării. De aceea unghiul de teşire a marginilor pieselor şi distanţa între piese trebuie alese corect pentru a se realiza o pătrundere mai mare de 2 mm, aleasă ca minimă. Ceilalţi parametrii ai regimului de sudare au influenţe mai mici şi nu pot împiedica desfăşurarea normală a procesului de sudare.

10.5.2.5. STABILIREA REGIMULUI OPTIM DE SUDARE AUTOMATĂ SUB FLUX. Pentru ca procesul de sudare sub flux să se desfăşoare în condiţii bune, trebuie

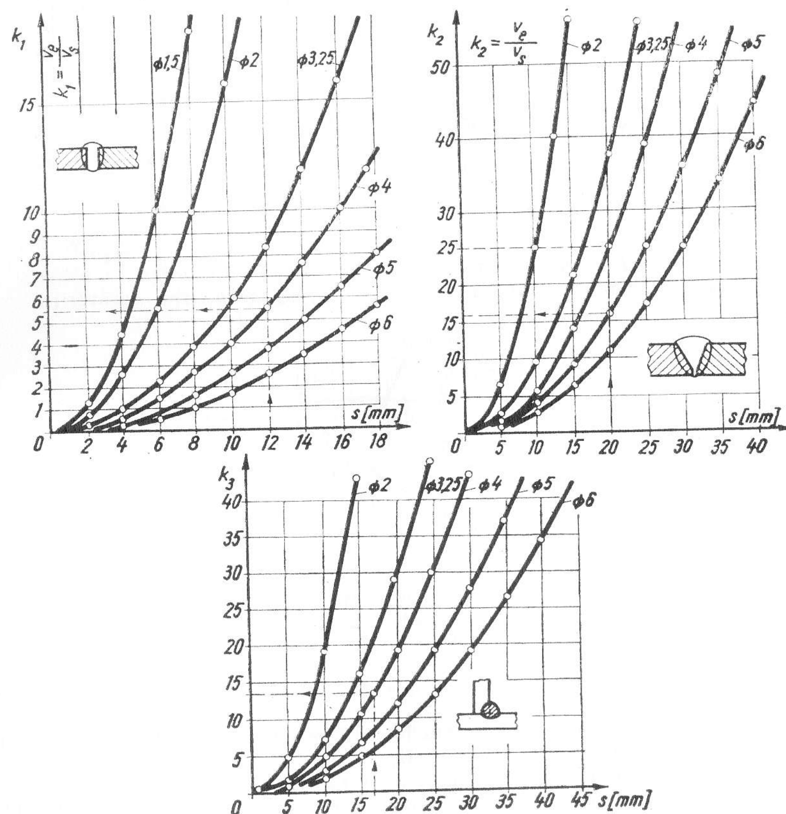


Fig. 10.40. Grafice pentru determinarea raportului $k = \frac{V_e}{V_s}$ pentru diferite îmbinări.

îndeplinite anumite corelaţii cel puţin între principalii parametrii ai săi, ca: grosimea piesei care se sudează, curentul de sudare, viteza de sudare, viteza de avans a sîrmei electrod şi forma îmbinării sudate caracterizată prin volumul metalului topit pentru realizarea cusăturii. Cu ajutorul graficelor din fig. 10.40 se poate determina raportul $K = v_e/v_s$ în funcţie de s şi d_e pentru diferite îmbinări. Dependent de grosimea pieselor şi diametrul electrodului este şi curentul de sudare care se poate determina cu ajutorul graficului din fig. 10.41.

10.5.2.6. DETALII DE EXECUŢIE A ÎMBINĂRILOR SUDATE SUB FLUX. În vederea sudării, marginile pieselor se curăţă bine de rugină şi impurităţi apoi se prind provizoriu, lăsîndu-se rostul necesar formării cusăturii sudate. Cînd se sudează pe o singură parte, trebuie luate măsuri pentru formarea corectă a rădăcinii sudurii. Uneori

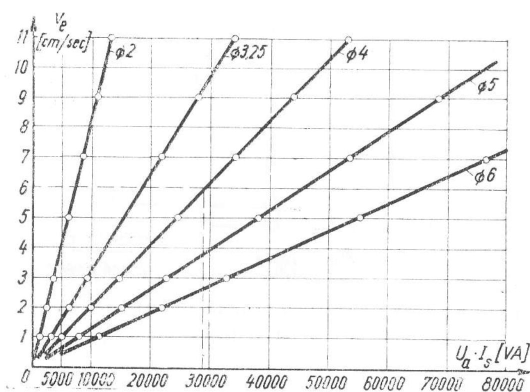


Fig. 10.41. Grafic pentru determinarea curentului de sudare

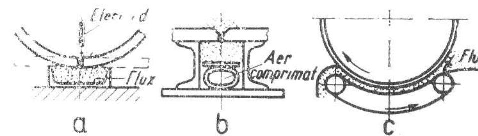


Fig. 10.42. Sprijinirea rădăcinii sudurii cu pernă de flux

se obişnuieşte executarea iniţială a sudurii de rădăcină manual. Alteori, la construcţii importante, după sudare se îndepărtează sudura de la rădăcină şi se resudează (cazane).

O metodă economică şi suficient de bună este executarea sudurilor cu sprijinirea rădăcinii. Sprijinirea rădăcinii pentru a se forma corect şi fără scurgeri de metal, se poate face în trei moduri: cu pernă de flux, cu placă de cupru (în special la table subţiri) şi cu placă de oţel. Perna de flux este susţinută de profile U (fig. 10.42, *a*), dispozitive speciale cu aer comprimat (fig. 10.42, *b*), sau benzi rulante (fig. 10.42, *c*).

În cazul pieselor cu grosime mai mică formarea corectă a rădăcinii sudurii se face cu ajutorul unor plăci de cupru (fig. 10.43). Placa de cupru are şi rolul de a repartiza uniform căldura la rădăcina sudurii şi înlătură arderea metalului.

La sudarea ţevilor în capete, dacă placa de la rădăcina sudurii poate rămîne în construcţie, aceasta este din oţel (fig. 10.44).

10.5.3. SUDAREA ÎN MEDIU DE GAZE PROTECTOARE

10.5.3.1. SUDAREA CU HIDROGEN ATOMIC. **Instalaţia pentru sudare.** Sudarea în hidrogen atomic se face de obicei în curent alternativ, iar amorsarea arcului necesită o tensiune mare, circa 300 V, care după aprinderea arcului scade la circa 100 V. În schimb curentul de sudare nu este mai mare de 100 A, din cauza electrozilor de wolfram, care

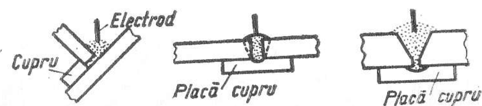


Fig. 10.43. Sprijinirea rădăcinii sudurii cu placă de cupru

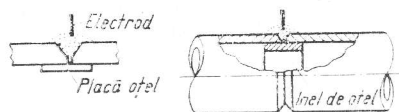
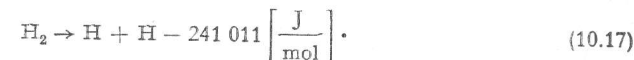


Fig. 10.44. Sprijinirea rădăcinii sudurii cu placă de oţel

sînt de diametru relativ mic. Tensiunea la mersul în gol, 300 V, este periculoasă şi din acest motiv instalaţiile sînt astfel construite încît la mersul în gol electrozii să nu fie sub tensiune. Schema instalaţiei de sudare în hidrogen atomic este prezentată în fig. 10.45. Instalaţia este alcătuită din: transformatorul de sudare *Ts*, bobina de reactanţă *Br*, butelia de hidrogen, ventil electro-magnetic pentru hidrogen şi port electrod. Transformatorul dă un curent de 15—100 A la o tensiune de 50—100 V. Tensiunea la mers în gol, 300 V, este asigurată de înfăşurarea W_3. Înfăşurarea auxiliară W_2 dă o tensiune de 40 V necesară alimentării circuitelor de comandă a instalaţiei. Reglarea curentului de sudare se face prin variaţia reactanţei bobinei *Br*.

Tehnologia sudării. Arcul electric care se formează între doi electrozi de wolfram arde într-o atmosferă de hidrogen (fig. 10.46). Sub acţiunea temperaturii ridicate a arcu-

lui electric, de peste 4000°C în zona *1* se produce disocierea hidrogenului, în proporţie de 72% după reacţia endotermă:



$$H_2 \rightarrow H + H - 241\,011 \left[\frac{J}{mol}\right]. \qquad (10.17)$$

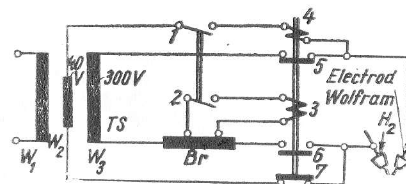


Fig. 10.45. Schema instalaţiei de sudat în hidrogen:
1, 2 — contacte; *3, 4* — bobină; *5, 6* — contacte; *7* — contacte de deschidere şi închidere

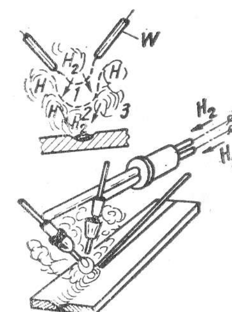
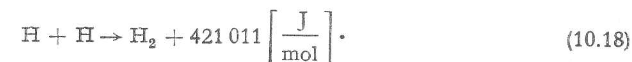


Fig. 10.46. Schema procesului de sudare în hidrogen

În zona *2* la suprafaţa metalului de sudat se produce recombinarea hidrogenului:



$$H + H \rightarrow H_2 + 421\,011 \left[\frac{J}{mol}\right]. \qquad (10.18)$$

şi cedează căldura absorbită din arc metalului care se topeşte. În zona *3* ce înconjoară zona *2*, arde hidrogen nedisociat sau recombinat şi protejează baia topită împotriva acţiunii aerului. Afară de acţiunea de încălzire şi protejare, hidrogenul mai are şi rolul de reducător al oxizilor în baia topită. De aceea sudurile executate cu hidrogen atomic sînt omogene, dacă se respectă parametrii regimului optim de sudare.

La acest procedeu principalii parametri de sudare sînt: curentul de sudare sau densitatea de curent (10—12 A/mm²); tensiunea arcului care este 100 V; diametrul electrodului şi presiunea hidrogenului care este 0,4—0,8 at sau 15—30 l/min. Pentru o piesă cu grosimea de 5 mm se ia $\Phi el = 3$ mm, curentul 45 A, presiunea hidrogenului 0,5 at şi consumul de H_2 1 500 l/h.

Sudarea cu hidrogen atomic se aplică la sudarea unor metale şi aliaje speciale şi la oţelurile cu mult carbon sau aliate. Deseori se foloseşte şi la reparaţia unor piese sau organe de maşini uzate.

10.5.3.2. SUDAREA ÎN MEDIU DE ARGON. Schema unei instalaţii de sudat în mediu de argon este reprezentată în fig. 10.47. Această instalaţie se compune din: transformatorul de sudare *TrS* cu tensiunea secundară de 120 V, bobina de reactanţă separată B_r, bateria de condensatori *C* şi ionizatorul format din transformatorul ridicător de tensiune T_{r1} şi descărcătorul *P* cu doi electrozi de wolfram.

Tensiunea înaltă de la secundarul transformatorului *Trl* încarcă într-o alternanţă condensatoarele C_1 şi C_2 pînă la tensiunea de străpungere pentru spaţiul dintre electrozii descărcătorului *P*. Prin străpungerea acestui spaţiu se formează un circuit oscilant L_1, C_1, C_2 şi *P*) inducînd în bobina L_2 o tensiune înaltă de frecvenţă mare. Această tensiune este aplicată bornelor *B* şi *F* iar de aci postului de sudare. Circuitul de sudare este legat inductiv cu circuitul oscilant, ceea ce face ca funcţionarea oscilatorului să nu fie periculoasă. Curentul de înaltă frecvenţă se închide prin următorul circuit: bobina L_2,

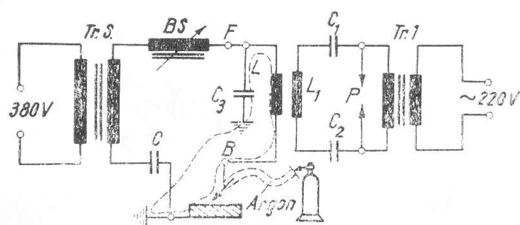


Fig. 10.47. Schema instalaţiei pentru sudare în argon

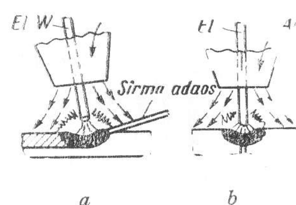


Fig. 10.48. Schema procesului de sudare în argon:
a — WIG; *b* — MIG

condensatorul C_3, pămînt, electrod, borna *B* şi din nou bobina L_2. Rolul condensatorului C_3 este de a permite curentului de înaltă frecvenţă să ajungă la masă, deoarece prin B_r şi secundarul transformatorului de sudare nu poate trece, impedanţa acestui circuit fiind mare. Frecvenţa de oscilaţie variază de la 0,8—3 mHz, iar tensiunea de la 1 000—5 000 V. Caracteristica transformatorului *Trl* trebuie să fie coborîtoare, pentru a rezista scurtcircuitărilor. Sudarea în mediu de argon se face şi cu instalaţii de curent continuu la care problema stabilităţii arcului nu se pune atît de accentuat ca la sudarea în curent alternativ.

Acest procedeu de sudare se foloseşte mai mult la sudarea metalelor şi aliajelor neferoase, care se sudează greu cu alte procedee cum sînt: aluminiul şi aliajele lui, cuprul şi aliajele lui. La sudarea aluminiului acest procedeu de sudare dă rezultate foarte bune. Aluminiul are de obicei la suprafaţă o peliculă de oxid Al_2O_3 care se topeşte la o temperatură mai mare ca metalul. Acest oxid de aluminiu se îndepărtează de argonul disociat în arcul electric în procesul de sudare. Deci argonul are rolul de a îndepărta pelicula de oxid de aluminiu şi de a proteja baia topită a sudurii de aerul înconjurător (fig. 10.48).

Se cunosc două metode de sudare în mediu de argon sudarea cu electrod nefuzibil, de wolfram denumit pe scurt WIG şi sudarea cu electrod fuzibil, de compoziţie chimică identică cu metalul de bază denumit pe scurt MIG. La sudarea cu electrod de wolfram caracteristica exterioară a sursei de alimentare este coborîtoare, iar la sudarea cu electrod fuzibil poate fi rigidă. Sudarea se poate face în curent continuu sau alternativ în funcţie de metalul care se sudează. Argonul folosit la sudare trebuie să fie pur pentru a obţine

suduri de bună calitate. La sudare se folosesc electrozi de wolfram cu diametrul 2—6 mm sau electrozi fuzibili cu diametrul 1,5—3 mm.

Parametrii regimului de sudare sînt: curentul de sudare, sau densitatea de curent, care pentru electrozi de wolfram este 15—20 A/mm^2 iar pentru electrod fuzibil 50—60 A/mm^2; tensiunea arcului circa 50 V, presiunea argonului este 0,2—0,4 at, sau 5—20 l/min şi viteza de sudare, care se aleg în funcţie de grosimea piesei.

Tehnologia sudării în argon este asemănătoare cu aceea a sudării cu arcul electric obişnuit. Dacă piesele au o grosime mai mare de 8 mm, se recomandă o preîncălzire la temperatura de 150—200°C. Pentru sudarea unor piese de aluminiu cu grosimea de 5 mm se foloseşte următorul regim: diametrul electrodului de wolfram este 4 mm, curentul de sudare 180 A, iar debitul argonului 6—8 l/min.

10.5.3.3. SUDAREA ÎN MEDIU DE BIOXID DE CARBON. Sudarea în mediu de bioxid de carbon se face semiautomat şi automat. Stabilitatea arcului se asigură mai bine dacă sursa de alimentare a arcului este de curent continuu şi are caracteristica externă rigidă. Tensiunea de mers în gol a sursei de circa 60 V este suficientă pentru amorsarea arcului, tensiunea arcului fiind circa 30 V. Curentul de sudare nu depăşeşte 400 A, deoarece se sudează cu sîrme electrod subţiri 0,8—2 mm.

Instalaţia pentru sudare în bioxid de carbon este prezentată în fig. 10.49.

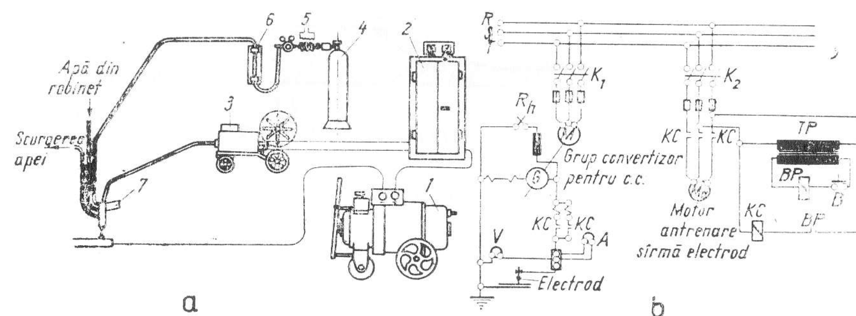


Fig. 10.49. Schema instalaţiei de sudat în bioxid de carbon:
1 — generator de curent continuu; *2* — cutia de comandă; *3* — dispozitivul de antrenare; *4* — butelia; *5* — dispozitiv; *6* — debitmetrul; *7* — pistoletul

În schema electrică a instalaţiei (fig. 10.49, *b*) motorul pentru antrenarea sîrmei electrod este comandat de la butonul *B*. Prin închiderea contactului *BP* este alimentată bobina contactorului *KC* care închide contactele de la alimentarea motorului de antrenare a sîrmei electrod precum şi circuitul de sudare. Astfel, cînd electrodul nu este antrenat, nici circuitul de sudare nu este sub tensiune, ca măsură de protecţie. Grupul convertizor de c.c. este alimentat de la reţea prin întrerupătorul k_1, iar dispozitivul de antrenare a sîrmei şi cutia de comandă sînt alimentate prin întrerupătorul k_2.

Sudarea în bioxid de carbon, se foloseşte în general la sudarea oţelurilor de construcţie. Bioxidul de carbon în anumite condiţii de presiune şi temperatură este un gaz protector. Faţă de sudarea cu electrozi înveliţi sau sudarea sub flux, prin sudarea în CO_2 se simplifică procesul de sudare. Zgura care se formează la sudarea în CO_2 este o cantitate neglijabilă şi nu influenţează chimic metalul sudurii, ci doar îl protejează împotriva aerului înconjurător.

În spaţiul arcului electric au loc fenomene fizice şi chimice. **Bioxidul de carbon se disociază:**

$$2\,CO_2 \rightarrow 2\,CO + O_2 \qquad (10.19)$$

iar oxigenul liber intră în reacţie cu picăturile de metal oxidîndu-le (fig. 10.50). **În baia de sudură** se produce dezoxidarea datorită elementelor Mn, Si şi a gazelor CO **şi H_2** după reacţia globală

$$[FeO] + [C,Si,Mn,S,H_2,CO] \rightarrow [SiO_2, MnO, MnS\ ... + CO_2, H_2O, SO_2] + [Fe] \qquad (10.20)$$

Fig. 10.50. Schema procesului de sudare în CO_2

La sudarea în CO_2 se foloseşte sîrmă de oţel cu **mult mangan, siliciu, aluminiu** şi titan. Compoziţia chimică a sîrmei pentru sudarea în CO_2 este: C = **0,1%, Mn = 1,5%**, Si = 1,0%, Ti = 0,2%, Al = 0,2%, Cu = 0,2%, Cr = 0,2%, Ni = **0,2%, iar sulf** şi fosfor împreună sub 0,03%.

O condiţie esenţială la sudarea în CO_2 este puritatea gazului. **Pentru a obţine** suduri **compacte** este necesar ca bioxidul de carbon **să fie curat** şi lipsit **de vapori de apă.** La **butelie** este instalat **un dispozitiv** electric pentru uscarea gazului.

Tehnica **sudării în CO_2 este** asemănătoare cu aceea de la sudarea **sub flux, semiautomat sau automat.** Parametrii regimului **de sudare sînt: curentul de sudare sau densitatea de curent,** care este în limitele **150—200 A/mm²,** viteza de sudare **şi presiunea** sau debitul **CO_2-ului** care este 0,2—0,4 at sau **15—30 l/min,** în funcţie de grosimea pieselor de sudat. **În** tabelul 10.9 se dau regimuri de sudare în CO_2 a oţelurilor carbon. Influenţa parametrilor regimului de sudare în CO_2 asupra formei cusăturii sudate se arată în fig. 10.51. Coeficientul de participare a metalului de bază la formarea cusăturii $k_b = \frac{A_2}{A_2 + A_b} 100 = 40\ ...\ 50\%$ iar coeficientul de formă $k_f = \frac{B}{H} = 1,3...2.$ Acest procedeu este ieftin,

Tabelul 10.9

Regimuri de sudare în CO_2 a oţelurilor carbon

Grosimea piesei mm	Forma îmbinării	Dimensiunile					Regim sudare			
		α, grd	c, mm	C_1, mm	Nr. rînduri	⌀ el mm	J_s, A	U_a, V	v_s, m/h	debitul CO_2 l/min
0,6—1,0	l=2mm	—	—	—	1	0,6—0,8	50—60	18	20—25	6—7
0,6—1,0		—	0—0,5	—	1	0,6—0,8	50—60	18	23—35	6—7
1,2—2,0		—	0—0,5	—	1—2	0,8—1,0	70—110	18—20	18—24	10—12
3—5		—	0—1	—	1—2	1,6—20	160—200	27—29	20—22	14—16
6—8		—	0—1	—	2	2,0	280—300	38—30	25—30	16—18
8—12		60—70	0—1,5	4—6	2—3	2,0	280—300 380—400	28—30 30—32	16—20 18—22	18—20 18—20
peste 12		60—70	0—2	4—6	2	2,0	380—4	0—32	18—20	18—22
1—1,5		—	0—0,5	—	1	0,8	60	18	18—20	5—6
1,5—2		—	0—0,5	—	1	0,8—1,0	75—100	18—20	16—18	6—8
2—3		—	0,75	—	1	1,0—1,2	100—150	20—32	16—18	8—10
3—4		—	1,0	—	1	1,2—1,6	150—250	22—26	18—22	10—16
5 şi peste		—	1—3	—	2...4	2	300—400	36—30	25—30	17—18

uşor de aplicat şi productiv. Productivitatea este de 3—5 ori mai mare decît la sudarea cu electrod învelit. Un avantaj la fel de important este acela că se pot suda piese puţin ruginite, deoarece procedeul de sudare în CO_2 nu este sensibil la rugină. Sudarea în

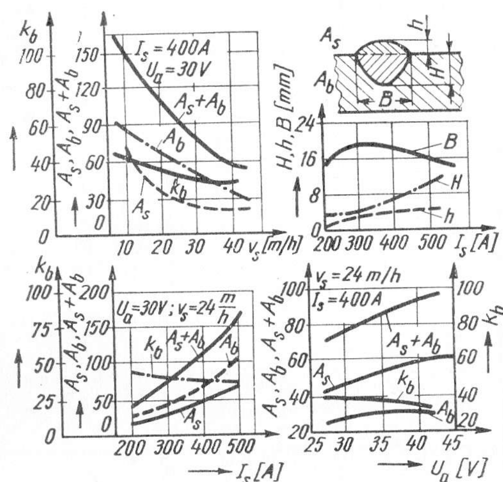


Fig. 10.51. Influenţa regimului de sudare asupra geometriei cusăturii sudate

mediu de CO_2 poate înlocui în anumite cazuri sudarea sub flux, deoarece se poate suda în condiţii bune şi în poziţii dificile (vertical şi de plafon) unde sudarea sub flux nu se poate aplica.

10.5.4. SUDAREA ELECTRICĂ ÎN BAIE DE ZGURĂ TOPITĂ

10.5.4.1. FENOMENE FIZICE ŞI METALURGICE. Metoda de sudare bazată pe degajarea căldurii, la trecerea curentului electric prin zgura topită transformînd energia electrică în calorică conform relaţiei

$$Q = RI^2t[\mathrm{J}] \tag{10.21}$$

a căpătat denumirea de sudare electrică în baie de zgură topită, sau simplu, sudarea în baie de zgură. Schema procesului de sudare în baie de zgură este dată în fig. 10.52.

Desfăşurarea favorabilă a procesului de sudare este condiţionată de următorii factori: compoziţia chimică a zgurei şi gradul ei de conductibilitate electrică în funcţie de temperatura, lungimea electrodului ce intră în zgură, adîncimea băii de zgură, caracteristica externă a sursei de alimentare cu energie electrică, care e bine să fie puţin coborîtoare sau chiar rigidă.

Preîntîmpinarea formării arcului electric la suprafaţă, sau în baia de zgură, se realizează prin folosirea la sudare a curentului alternativ cu tensiune mică, prin folosirea fluxurilor cu proprietăţi de ionizare scăzute şi o baie de zgură adîncă.

10.5.4.2. UTILAJE PENTRU SUDARE. Sudarea în baie de zgură topită se face cu instalaţii specifice şi au o formă dependentă de piesa care se sudează. Utilajele acestea au în general în componenţa lor sursa de alimentare cu energie electrică, dispozitive de antrenare a sîrmei în baia de sudură, de deplasare transversală a electrozilor în cazul pieselor mai groase şi pentru deplasarea glisierelor (patinelor) de cupru.

Deplasarea patinelor de cupru trebuie să se facă în funcţie de viteza de umplere a rostului dintre piese, adică de nivelul băii metalice. Pentru aceasta s-au construit diferite

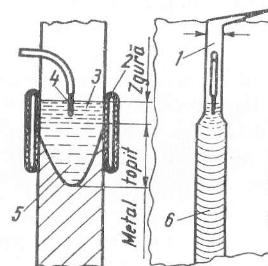


Fig. 10.52. Schema procesului de sudare în baie de zgură:
1 — piese de sudat; 2 — dispozitiv de cupru; 3 — baie de zgură topită; 4 — electrod; 5 — baie metalică; 6 — cusătură sudată

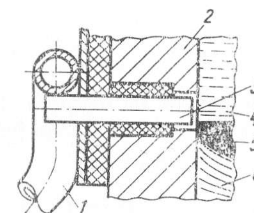


Fig. 10.53. Sondă electrică pentru nivelul băii de zgură topită:
1 — racordul sondei; 2 — piesa de sudat; 3 — sonda; 4 — baia de zgură; 5 — baia metalică; 6 — sudura.

dispozitive dintre care cel mai sigur este dispozitivul cu sondă electrică pentru măsurarea nivelului băii. Sonda din cupru poate fi aşezată vertical sau orizontal (fig. 10.53). Alimentarea sondei se face de la o sursă separată sau la bobinajul secundar al transformatorului de sudare.

Instalaţiile şi aparatele pentru sudare în baie de zgură topită sînt alcătuite în general din: calea de ghidare pentru dispozitivul de antrenare al electrozilor, transformatorul de sudare şi aparatele de comandă şi măsurare a parametrilor regimului de sudare. În industrie sînt foarte multe tipuri din aceste instalaţii. Schema a două tipuri, una pentru sudat vertical rectiliniu şi alta pentru sudat circular, este dată în fig. 10.54.

Tehnica sudării în baie de zgură, cuprinde operaţiile: antrenarea electrozilor în rostul de sudare şi alimentarea cu curent, menţinerea unui proces stabil de sudare, reţinerea băii de zgură şi formarea cusăturii sudate precum şi asigurarea unei pătrunderi uniforme şi sigure a sudurii.

Procedeul de sudare în baie de zgură se poate realiza cu diferite secţiuni şi forme ale electrodului, începînd cu sîrma de diametru mic şi terminînd cu plăci şi bare cu secţiune de zeci de centimetri pătraţi. De cele mai multe ori se folosesc sîrme

cu diametrul de 3 mm sau plăci cu grosimea de 8—12 mm, iar lăţimea egală cu a piesei de sudat.

În tabelul 10.10 se dau indicaţii privind alegerea numărului de electrozi în funcţie de grosimea piesei de sudat. Din motive economice este indicat ca numărul de electrozi să fie oprit înainte de a atinge limita superioară a grosimii piesei de sudat.

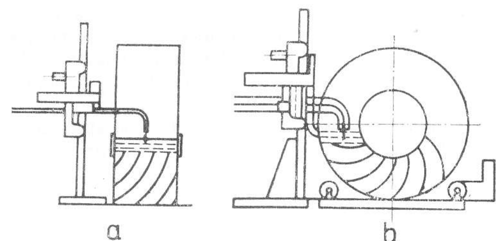


Fig. 10.54. Instalaţii pentru sudarea în baie de zgură:
a — rectilinie; b — circulară

La sudarea cusăturilor inelare formarea sudurii se face cu ajutorul glisierelor circulare de cupru sau oţel. Sudarea îmbinărilor circulare trebuie să se facă pe diametrul orizontal (fig. 10.55), iar sfîrşitul sudurii se poate încheia mai sus cu 30°.

Parametrii principali ai regimului de sudare sînt: curentul de sudare, tensiunea, viteza de avans şi diametrul sîrmei şi viteza de sudare, care se aleg în funcţie de mărimea şi forma piesei de sudat. În fig. 10.56 se prezintă o nomogramă cu ajutorul căreia se pot determina parametrii regimului de sudare.

Tabelul 10.10

Alegerea numărului de electrozi în funcţie de grosimea piesei

Numărul de electrozi	Grosimea piesei de sudat, mm	
	Fără oscilarea electrozilor	Cu oscilarea electrozilor
1	Pînă la 60 mm	Pînă la 150 mm
2	60—130 mm	Pînă la 350 mm
3	110—200 mm	Pînă la 600 mm

10.5.5. SUDAREA CU FLACĂRĂ OXIACETILENICĂ

10.5.5.1. INSTALAŢII ŞI APARATE. Acetilena se obţine industrial din carbura de calciu sau carbid. După felul contactului între carbid şi apă pentru descompunere, generatoarele de acetilenă se clasifică astfel: generatoare de acetilenă carbid în apă, apă pe carbid şi prin contact intermitent (fig. 10.57).

Generatorul sistem carbid în apă (fig. 10.57, *a*) este format din corpul *1*, buncărul de alimentare *2*, dispozitivul de alimentare *3*, şi grătarul *4*. Carbidul căzut pe grătar se descompune iar acetilena se adună la partea superioară a gazeificatorului, de unde trece la purificare şi consum. Acest tip de generator are randamentul cel mai bun şi se foloseşte pentru unităţi mari.

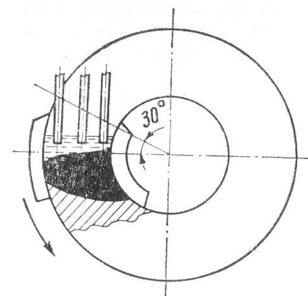


Fig. 10.55. Schema sudării inelare în baie de zgură

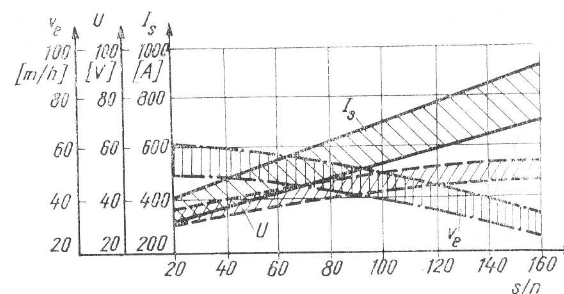


Fig. 10.56. Grafic pentru determinarea regimului de sudare în baie de zgură

Generatorul apă pe carbid (fig. 10.57, *b*) este format din corpul *1*, rezervorul inelar *2*, cu apă pentru reacţie, retortele *3*, şi conductele pentru acetilenă *5*. Prin deschiderea robinetului *4*, apa trece în retortă şi începe descompunerea carbidului. Acetilena degajată se adună în compartimentul inferior, creînd o presiune asupra apei care este împinsă în compartimentul superior. Diferenţa de nivel dintre cele două compartimente indică presiunea gazului.

Acest tip de generator are un randament mai slab, dar prezintă avantajul că se poate folosi carbid sub formă de praf sau cu granulaţie mică. Se foloseşte la unităţi mici şi mijlocii.

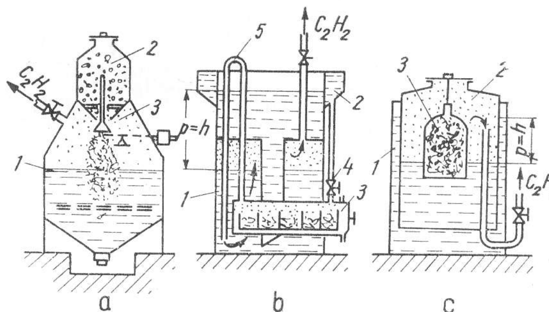


Fig. 10.57. Tipuri de generatoare de acetilenă:
a — sistem carbid în apă; b — sistem apă pe carbid; c — sistem contact intermitent

Generatorul sistem contact intermitent (fig. 10.57, *c*) este compus din corpul generatorului *1*, clopotul *2* şi coşul pentru carbid *3*. Presiunea acetilenei este egală cu înălţimea coloanei de apă dintre corp şi clopot $p = \gamma h_0$. Acest generator are randamentul cel mai slab, se foloseşte pentru unităţi mici şi este transportabil. Mărimea generatorului de acetilenă este determinată prin debitul său orar, care poate fi pînă la 100 m³/h.

Aparate auxiliare şi de siguranţă. Ca aparate auxiliare se menţionează: dispozitivele de alimentare a generatorului cu carbid care poate fi elicoidal sau bandă transportoare; instalaţii de spălare şi purificare a acetilenei, gazometrul pentru depozitarea acetilenei şi supapele de siguranţă. Aparatele de spălare-epurare au rolul de a opri impurităţile din acetilenă cum sînt sulful, fosforul şi vaporii de apă. Supapele de siguranţă, de obicei

hidraulice, protejează instalaţia împotriva incendiilor şi a exploziei. Există posibilitatea întoarcerii flăcării din arzător către generatorul de acetilenă, de aceea nu este permisă punerea în funcţie a unei instalaţii de acetilenă fără a fi protejată cu supape de siguranţă.

Supapele hidraulice de siguranţă sînt de două tipuri: deschise (fig. 10.58, *a*) sau de presiune mică şi închise sau de presiune medie şi mare (fig. 10.58, *b*).

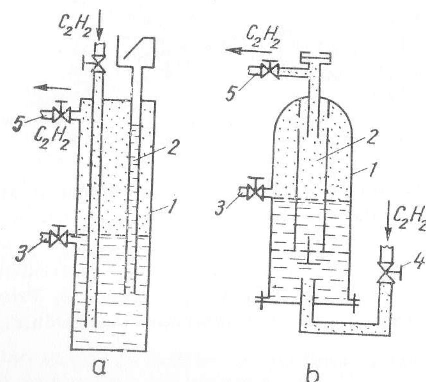


Fig. 10.58. Tipuri de supape hidraulice de siguranţă:
1 — tub; *2* — conductă; *3* — robinet de control; *4* — robinet pentru ieşirea şi intrarea acetilenei

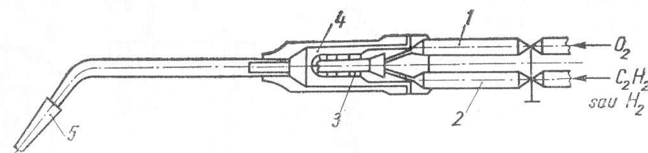


Fig. 10.59. Suflai fără injector:
1, *2* — conductă de O_2, respectiv C_2H_2; *3* — cilindru găurit; *4* — cameră de amestec; *5* — ajutaj

În cazul supapei de presiune joasă, la întoarcerea flăcării, acetilena din supapă ia foc şi creează o suprapresiune care împinge cu zgomot afară apa din conducta de siguranţă, dînd semnalul de pericol. Sudorul observă şi închide robinetul de intrare a acetilenei în supapă. La supapa de presiune mare, conducta de siguranţă este închisă cu o membrană care se rupe în cazul întoarcerii flăcării şi dă semnalul de alarmă. În plus şi ventilul se închide automat sub presiunea mult mai mare care se creează în supapă şi împiedică propagarea flăcării la generator.

Sulflaiuri (arzătoare) pentru sudarea cu flacără. Flacăra oxiacetilenică, folosită la sudare, ia naştere prin arderea acetilenei în oxigen. Amestecul şi dirijarea pentru ardere a acetilenei în oxigen se face cu ajutorul suflaiurilor sau arzătoarelor speciale. După debitul lor, suflaiurile sînt în număr de şapte, de la debitul de 350 l/h la 2700 l/h.

După principiul de construcţie suflaiurile sînt de două feluri, fără injector (fig. 10.59) la care gazele care se amestecă trebuie să aibă aceeaşi presiune şi cu injector (fig. 10.60)

la care gazele ce se amestecă pot avea presiuni diferite (acetilena avînd presiune mult mai mică decît oxigenul). Reglarea flăcării se face cu ajutorul robinetelor pentru oxigen şi acetilenă. La aprinderea suflaiului se deschide întîi robinetul de oxigen şi apoi cel pentru acetilenă, iar la stingerea lui se închide întîi robinetul de acetilenă. Manipularea suflaiului

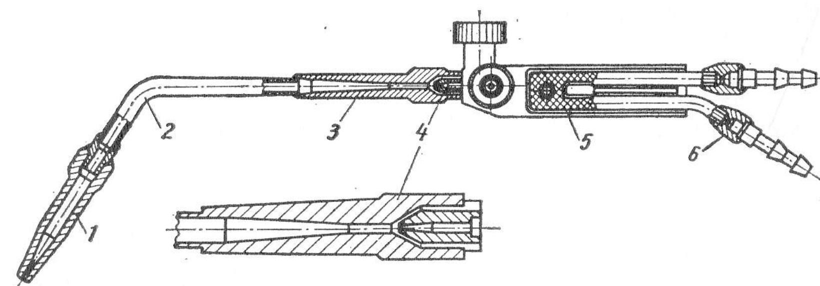


Fig. 10.60. Suflai cu injector:
1 — ajutaj din cupru; *2* — conductă; *3* — cameră de amestec; *4* — injector; *5* — mîner; *6* — record

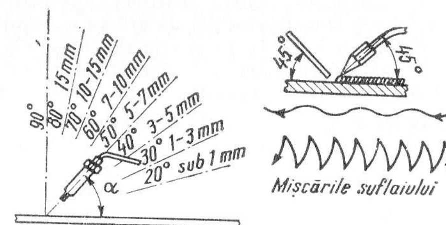


Fig. 10.61. Poziţia şi mişcările suflaiului

se face cu atenţie pentru a nu lua foc sau a nu face explozie. Cînd se încălzeşte mult, este necesară răcirea lui cu apă.

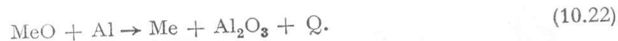
10.5.5.2. TEHNOLOGIA SUDĂRII. Sudarea cu flacără oxiacetilenică sau cu alte gaze combustibile se foloseşte la sudarea pieselor cu grosime mai mică şi la reparaţii. Căldura folosită la sudare depinde de poziţia suflaiului faţă de piesă (fig. 10.61), căldura fiind maximă cînd suflaiul are poziţia verticală sau perpendiculară pe piesă. În timpul sudării, suflaiului sau barei li se imprimă anumite mişcări pentru topirea corectă a marginilor pieselor de sudat şi pentru a menţine baia de sudură.

Sînt două metode de sudare cu flacără de gaz: metoda la stînga sau înainte şi metoda la dreapta sau înapoi. Sudarea la stînga nu foloseşte economic căldura flăcării şi se aplică la sudarea pieselor de grosime pînă la 5 mm. Sudarea cu flacără oxiacetilenică se poate folosi la toate metalele şi aliajele. La sudare trebuie să se ţină seama de caracterul flăcării. Astfel, oţelul cu conţinut redus de carbon, oţelul slab aliat, cuprul şi bronzul se sudează cu flacără normală, neutră; fonta, aluminiul şi oţelul cu conţinut ridicat în carbon şi încărcarea cu aliaje dure, se sudează cu flacără uşor carburantă, iar alama şi zincul se sudează cu flacără oxidantă.

Parametrii principali la sudarea cu flacără oxiacetilenică sînt: puterea flăcării, diametrul sîrmei de adaos şi viteza de sudare. Puterea flăcării este funcţie de grosimea piesei de sudat şi de felul materialului. La sudarea oţelului obişnuit se foloseşte un suflai cu puterea de 150 l/h acetilenă pentru fiecare mm grosime a piesei, la sudarea fontei şi a oţelurilor aliate 100 l/h acetilenă de fiecare mm grosime a piesei, iar la sudarea cuprului şi aluminiului 130 l/h de fiecare mm grosime.

10.5.6. SUDAREA CU TERMIT

10.5.6.1. TERMITUL PENTRU SUDARE. Sudarea aluminotermică se bazează pe afinitatea chimică mare a aluminiului faţă de oxigen:



$$MeO + Al \rightarrow Me + Al_2O_3 + Q. \tag{10.22}$$

Amestecul de oxid de fier şi aluminiu sau magneziu se numeşte termit.

Cel mai important termit pentru sudare este cel de aluminiu alcătuit din aluminiu metalic, sub forma unei pulberi cu granule de circa 1 mm şi oxid de fier, cu granule de aceeaşi mărime. Termitul pentru sudare, pe lîngă aluminiu şi oxid de fier, mai conţine diferite adaosuri, cu scopul de a îmbunătăţi compoziţia sudurii, respectiv calitatea acesteia. Astfel termitul pentru sudare are în compoziţia sa feroaliaje, în special ferosiliciu şi feromangan. De asemenea pentru mărimea cantităţii de metal (fier) şi pentru o reducere oarecare a temperaturii reacţiei de ardere a termitului, se mai adaugă de obicei fier tehnic pur, în bucăţi mici, în proporţie de 10–15% din greutatea termitului. Compoziţia termitului pentru sudare se determină prin calcul şi experimental în funcţie de caracterul operaţiei şi de compoziţia metalului care urmează a fi sudat.

10.5.6.2. TECHNOLOGIA SUD RII CU TERMIT. În vederea sudării, termitul se aprinde şi arde în creuzete din ma rial refractar. După terminarea reacţiei de ardere care durează 20–30 s, se poate tre : la operaţia de sudare, prin golirea creuzetului în rostul de sudare. Golirea cea mai bună se face prin fundul creuzetului, cînd se scurge întîi metalul şi apoi zgura. Locul de sudare (capetele pieselor) se introduc într-o formă astfel încît să rămînă un rost pentru metalul topit. Se cunosc următoarele procedee de sudare cu termit: sudarea prin topire la care capetele metalului de bază se topesc pe întreaga secţiune şi prin solidificare cu metalul de adaos se realizează legătura sudată; sudarea prin presiune la care topirea capetelor metalului de bază se realizează prin încălzirea la o temperatură în domeniul plastic, apoi aplicîndu-se o compresiune specifică suficient de mare, se realizează legătura sudată prin refulare; sudarea combinată, la care capetele pieselor se topesc parţial sau pe întreaga secţiune şi apoi se aplică o compresiune de refulare.

10.5.7. SUDAREA PRIN PROCEDEE FIZICE (SPECIALE)

Sudarea cu jet de plasmă. Sudarea cu plasmă se face ca şi în cazul sudării în mediu de gaze inerte, căldura fiind însă mai concentrată şi cu temperatură mult mai înaltă; ca urmare, viteza de sudare creşte şi scade zona influenţată termic. Se pot suda oţeluri aliate şi, în special oţeluri austenitice crom-nichel, precum şi metalele şi aliajele neferoase cu conductibilitate termică mare.

Principalii parametri ai procesului de sudare sînt: curentul de sudare cuprins între 100–250 A, tensiunea arcului 50–100 V, presiunea gazului sau consumul de gaz 10–25 l/min, diametrul electrodului 2–8 mm şi viteza de sudare 10–100 m/h.

Sudarea cu fascicul de electroni. Se foloseşte la metale şi aliaje greu fuzibile, precum şi la metalele care absorb gaze cînd sînt încălzite la temperaturi înalte cum sînt W, Mo, V, Nb, Ta, ... etc., a oţelurilor austenitice şi refractare.

Instalaţiile pentru sudat cu fascicul de electroni au surse pentru alimentare cu tensiune variabilă între 25 şi 200 kV, iar curentul între 10 mA şi 1 A avînd puterea de 30 kVA. Cu aceste instalaţii se pot realiza pătrunderi pînă la 25 mm, formîndu-se suduri înguste avînd raportul $b/s = 1/12 \ldots 1/8$, la piese cu grosimea de 10–12 mm, lăţimea sudurii nu este mai mare de 1,5–2 mm. Forma cusăturii sudate nu variază mult cu schimbarea curentului de sudare sau a tensiunii, ci în general aceasta depinde de viteza de sudare. Sudurile executate cu jet de electroni sînt omogene, cu cristale fine, lipsite de impurităţi şi fisuri. Baia de sudură fiind mică deformaţiile sau tensiunile interne sînt minime.

10.6. PROCEDEE DE SUDARE PRIN PRESIUNE

10.6.1. SUDAREA ELECTRICĂ CAP LA CAP PRIN PRESIUNE

10.6.1.1. MAŞINI PENTRU SUDAREA CAP LA CAP. Sudarea electrică prin presiune se realizează datorită căldurii degajate la locul de contact de efectul Joule Lenz la trecerea curentului electric şi datorită forţei de presare asupra pieselor. Maşinile pentru sudarea electrică prin presiune sînt alcătuite în general dintr-un dispozitiv *2* pentru fixarea pieselor şi aplicarea forţei de presare *3* şi transformatorul de sudare *1* (fig. 10.62).

Randamentul maşinilor pentru sudarea prin presiune este 0,4–0,5 şi este mult influenţat de construcţia, realizarea şi întreţinerea îngrijită a elementelor care formează circuitul de sudare (secundarul transformatorului şi sistemul de conducere a curentului la piesele de sudat). Factorul de putere este influenţat în mare măsură de reactanţa circuitului de sudare. La maşinile cu braţe lungi, în cazul maşinilor de sudat prin puncte, cos φ scade la 0,3–0,4, iar la maşinile cu braţe scurte cos $\varphi = 0,8$.

Caracteristic pentru aceste maşini este faptul că randamentul şi factorul de putere depind nu numai de construcţia ci şi de condiţiile sudării. La sudarea pieselor din materiale feromagnetice reactanţa şi rezistenţa circuitului de sudare cresc, datorită creşterii permeanţei corespunzătoare fluxului magnetic, conducînd în general la scăderea factorului de putere. Puterea aparentă P_a (absorbită de la reţea) este $P_a = P_2/\eta$ cos φ, unde P_2 este puterea utilă.

Mecanismele cele mai importante ale maşinilor de sudat electric prin presiune cap la cap sînt: mecanismul de presare, mecanismul de strîngere a pieselor de sudat. Mecanismul de presare poate fi acţionat cu arc, cu pîrghie sau cu şurub, pneumatic sau hidraulic. Mecanismul de strîngere a pieselor în fălci poate fi cu excentric, cu pîrghii, cu şurub, pneumatic, hidraulic şi combinat, precum şi acţionat de la un motor electric.

Fixarea şi centrarea pieselor de sudat se face în suporţi cu fălci. Unul din suporţi este fix şi izolat faţă de corpul maşinii. La unele construcţii suportul fix se poate regla atît în plan vertical cît şi în cel orizontal. Celălalt suport este mobil fiind acţionat de mecanismul de presare şi refulare şi împreună cu legătura flexibilă de curent poate să se deplaseze în ghidajele maşinii.

10.6.1.2. TEHNOLOGIA SUDĂRII. Sudarea electrică prin presiune cap la cap se poate realiza prin două procedee: în stare solidă şi prin topire intermediară. La piese

cu secţiune mai mică se poate aplica cu succes sudarea în stare solidă, iar la piese de secţiune mai mare, sudarea prin topire intermediară.

Sudarea în stare solidă începe prin aducerea în contact a pieselor şi presarea lor cu o anumită forţă. Piesele de sudat sînt: fixate în fălci, aşa fel încît planul lor de contact să fie la mijlocul distanţei dintre acestea. Astfel se asigură încălzirea uniformă a capetelor pieselor (fig. 10.63) cu condiţia ca ele să fie din acelaşi material şi de aceeaşi

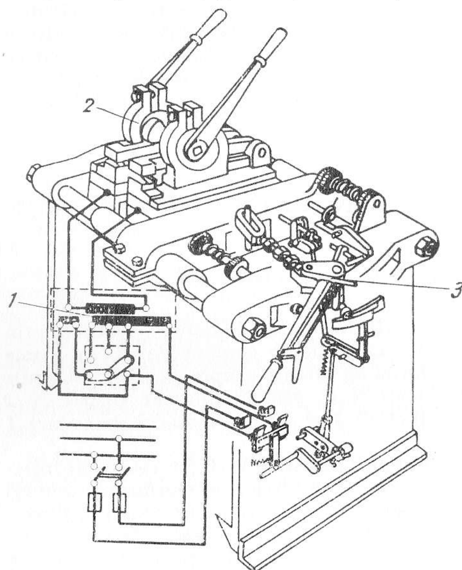


Fig. 10.62. Maşină de sudat prin presiune cap la cap

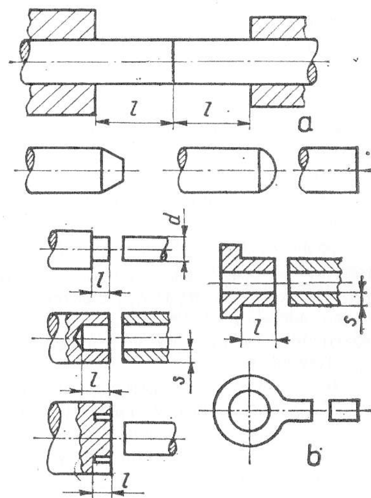


Fig. 10.63. Pregătirea capetelor pieselor de sudat

secţiune. În cazul sudării a două piese de aceeaşi secţiune din materiale diferite, lungimea capetelor se ia după relaţia: $\rho_1 l_1 = \rho_2 l_2$ sau $\rho_1/\rho_2 = l_2/l_1 = k$; $l_2 = kl_1$ deci în funcţie de rezistivitatea electrică a fiecărui material. În ce priveşte pregătirea capetelor pieselor se dau cîteva exemple în fig. 10.63, la care $l = d + \delta/2$, unde δ este scurtarea la sudare; $l = 5\ s + \delta/2$, unde s este grosimea peretelui ţevii.

Procesul de sudare este fixat cu ajutorul următorilor parametri: temperatura maximă la sfîrşitul încălzirii în regiunea de contact, densitatea de curent; timpul de menţinere sub curent, presiunea de încălzire şi refulare, scurtarea la refulare şi lungimea liberă a capetelor pieselor de sudat.

Sudarea prin topire intermediară. Cuprinde în general patru etape: preîncălzirea, topirea, refularea şi uneori o încălzire ulterioară cu tratament termic. Sînt diferite variante de sudare, după cum cuprind sau nu etapele de preîncălzire sau încălzirea ulterioară.

Procesul de sudare începe cu preîncălzirea care se execută în formă intermediară, prin aducerea în contact şi desfacerea contactului între capetele pieselor de sudat. După ce piesele prin preîncălzire au atins temperatura necesară, capetele se apropie din nou cu viteză relativ mică, care să asigure o topire continuă a capetelor pieselor. În aceste

condiţii, cînd nu se stabileşte un contact ferm între piese iar forţa de apăsare este neglijabilă, se instaurează precesul de topire evidenţiat printr-o degajare abundentă de scîntei.

Condiţia unei topiri stabile este ca, în orice moment, viteza de înaintare a saniei mobile să fie egală cu viteza de topire a capetelor pieselor. Întreţinerea procesului de topire un timp suficient de lung promovează formarea unui strat subţire de metal topit care acoperă capetele pieselor de sudat. Acest strat joacă un rol important în procesul de eliminare din îmbinare a oxizilor greu fuzibili, astfel ca la începerea refulării să nu mai existe oxizi între piesele care urmează a fi sudate.

După ce s-a realizat scurtarea dorită la topire, se trece la etapa de refulare, prin accelerarea bruscă a mişcării saniei mobile. Cu ocazia refulării, se obţine deformaţia plastică necesară pentru realizarea sudării. După un anumit timp de la declanşarea refulării se întrerupe circuitul de sudare. Sudarea prin topire intermediară se poate realiza în două variante: sudarea cu topire directă şi sudarea cu preîncălzire prin impulsuri.

Sudarea cu topire directă începe prin apropierea pieselor cu o viteză suficient de mică, astfel încît proeminenţele de pe capetele pieselor de sudat se topesc succesiv, împiedecîndu-se astfel stabilirea unui contact ferm. Pe măsură ce capetele pieselor se încălzesc topirea devine mai stabilă, scînteile se elimină mai uniform, iar variaţia curentului devine mai mică şi creşte valoarea sa.

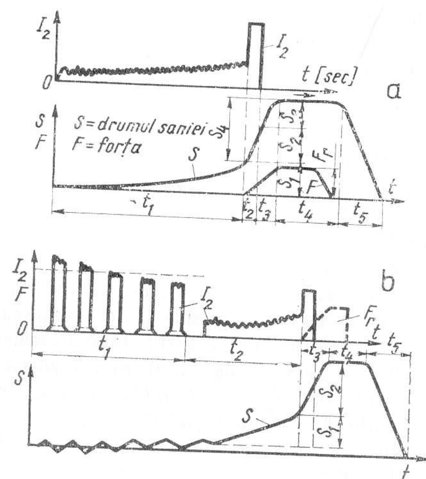


Fig. 10.64. Schema procesului de sudare prin topire intermediară:
a — cu topire directă; *b* — cu topire prin impulsuri

Schema procesului de sudare cu topire directă este prezentată în fig. 10.64, *a*, în care t_1 este durata topirii, t_2 — durata refulării sub curent, t_3 — durata refulării fără curent, t_4 — timpul de repaos al saniei mobile, t_5 — timpul de retragere al saniei mobile, S_1 — scurtarea la topire, S_2 — scurtarea la refulare sub curent, S_3 — scurtarea la refulare fără curent, S_4 — scurtarea totală la refulare, F_r — forţa de refulare.

Sudarea cu preîncălzire prin impulsuri se începe cu aducerea pieselor în contact ferm, apoi se îndepărtează şi se repetă aceasta de mai multe ori, constituind etapa de preîncălzire. După ce temperatura capetelor pieselor de sudat a atins valoarea necesară pentru trecerea la topire, sania mobilă va înainta cu o viteză mai mică decît cea de la preîncălzire în aşa fel încît să înceapă formarea şi dezagregarea punţilor de metal topit. Topirea şi refularea decurg în continuare potrivit graficului din fig. 10.64, *b*, în care notaţiile au aceleaşi semnificaţii ca la sudarea cu topire directă. Principalii parametri ai procesului de sudare sînt: curentul la preîncălzire şi la topire, viteza de topire, scurtarea la topire, scurtarea la refulare sau compresiunea specifică la refulare, viteza de refulare şi lungimea liberă iniţială. Relaţia:

$$I_s = \sqrt{d^3(3v + 1)\sqrt{v}}\ [\text{kA} \qquad (10.23)$$

dă curentul de sudare I_s în funcţie de diametrul piesei d, cm şi viteza de topire v, $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$.

Defectele îmbinărilor sudate. Principalele cauze care le provoacă sînt: abaterea de la axialitate, cratere neînchise, fisuri, pori şi incluziuni nemetalice. Acestea se datoresc fixării necorecte a pieselor, refulării insuficiente, supraîncălzirii metalului, necurățirii capetelor și oxidării intense, datorită regimului incorect la sudare.

Procedeul de sudare prin topire intermediară are o extindere mai mare decît sudarea în stare solidă, datorită următoarelor avantaje: proprietățile mecanice ale îmbinării sînt foarte bune, nu e necesară o pregătire specială a capetelor pieselor de sudat, scurtarea la refulare este mai mică iar concentrarea căldurii în zona de contact este mai favorabilă. Materialele cu temperaturi de topire mult diferite se pot suda prin presiune, mai bine prin topire intermediară.

10.6.2. SUDAREA ELECTRICĂ ÎN PUNCTE PRIN PRESIUNE

10.6.2.1. MAŞINI PENTRU SUDAREA PRIN PUNCTE. La fel ca la maşinile de sudat cap la cap, circuitul de sudare se caracterizează prin curenți mari și tensiuni mici. De multe ori circuitul de sudare asigură și transmiterea forțelor de presare necesare sudării, de aceea dimensionarea acestuia trebuie făcută din punct de vedere electromagnetic, mecanic şi termic. Maşinile pentru sudarea prin puncte diferă după destinație, putînd fi universale sau specializate; după numărul de puncte sudate simultan, pot fi mașini cu un punct și cu puncte multiple; după felul acționării pot fi cu pedală, electromagnetice, pneumatice şi hidraulice, după gradul de automatizare sînt maşini manuale şi automate. În cele ce urmează se dau schemele cu dispoziția electrozilor și domeniul de folosire a unor maşini de sudat prin puncte universale; maşină de sudat prin puncte simple a pieselor cu grosime pînă la 6 mm (fig. 10.65, *a*); maşină de sudat prin puncte simple cu electrozi pe aceeași parte care se folosește la sudarea pieselor cu grosime pînă la 2,5 mm (fig. 10.65, *b*); mașină pentru sudare pe aceeași parte în două puncte a pieselor cu grosime pînă la 2 mm (fig. 10.65, *c*); maşină de sudat două puncte simultan cu două transformatoare, piese cu grosime pînă la 5 mm (fig. 10.65, *d*); maşină de sudat în puncte multiple a pieselor cu grosime pînă la 2 mm (fig. 10.65, *e*).

10.6.2.2. TEHNOLOGIA DE SUDARE. La sudarea prin puncte, piesele de sudat (de obicei table) sînt strînse cu forța F, între electrozii de contact (fig. 10.66). După strîngerea tablelor între electrozii de contact, se conectează transformatorul de sudare.

Diferite procedee ale sudării prin puncte se deosebesc prin modul de variație a curentului de sudare şi a forței F, în timpul sudării, precum şi prin numărul şi poziția electrozilor de contact față de piesele ce urmează a fi sudate. În fig. 10.67 se dau cîteva variante de cicluri cu modul de variație a curentului de sudare I_s și a forței de presare F. Încălzirea se face prin impulsuri de curent evitîndu-se supraîncălzirea cuielor de contact, cînd se sudează cu regim dur. În timpul încălzirii forța de presare este mult mai mică, pentru a se realiza o rezistență de contact mai mare, contribuindu-se astfel la ridicarea temperaturii. De obicei timpul t_3 este 0,1–0,15 s, după care crește forța F, pentru forjarea punctului sudat.

O variantă care se folosește la sudarea aliajelor de aluminiu și a oțelurilor aliate cu grosime mai mare de 1,5 mm, este cea de la punctul *e*, în care curentul de sudare variază continuu pînă la un maxim, apoi scade. Această programare a curentului și a

forței de apăsare este mai dificilă, dar se realizează puncte sudate fără pori sau fisuri şi de calitate foarte bună.

Alegerea uneia din variantele arătate, se face ținînd cont atît de materialul care se sudează, cît şi de posibilitățile maşinii existente de a programa parametrii J şi F.

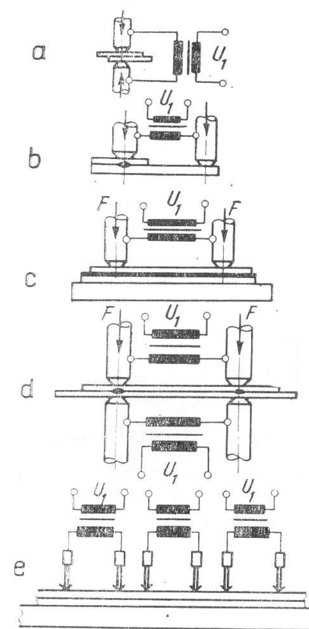


Fig. 10.65. Scheme ale maşinilor de sudat prin puncte

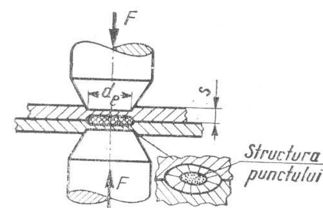


Fig. 10.66. Schema procesului de sudare prin puncte

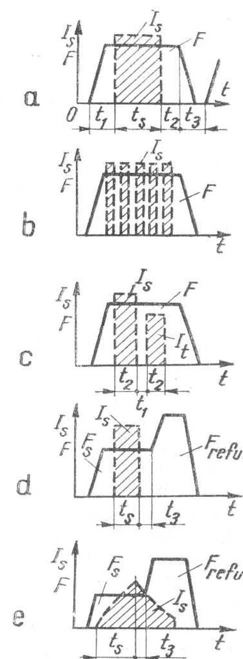


Fig. 10.67. Variante ale sudării prin puncte:

a — cu tendințe de călire reduse și grosime sub 5 mm; *b* — pentru piese cu grosime peste 5 mm

Diametrul punctului sudat este de obicei egal cu diametrul vîrfului electrodului: $d_p = d_e$, iar diametrul electrodului la vîrf se poate determina cu relaţia

$$d_e = 5{,}5\sqrt{s}, \tag{10.24}$$

unde s este grosimea tablei care se sudează. Din cauza pierderilor de căldură, energia necesară pentru formarea corectă a nucleului topit este cu atît mai mică cu cît regimul de sudare este mai dur. Prin regim dur se înţelege curent de sudare mare şi durată scurtă, iar la regim moale curentul este mai mic şi timpul de sudare mai lung.

În cazul pieselor cu grosime diferită pentru formarea corectă a punctului sudat este necesară determinarea corespunzătoare a diametrului electrozilor de contact. Diametrul electrozilor de contact este proporţional cu grosimea pieselor de sudat. Principalii parametri ai procesului de sudare sînt: curentul I_s, durata de acţiune a curentului t, forţa de apăsare a electrozilor de contact F şi diametrul electrozilor de contact d_e. Între aceşti parametri există relaţia:

$$I^2\sqrt{\frac{t}{F}} = (1{,}5\, s\sqrt{s} + 1)10^6 \tag{10.25}$$

sau

$$I_s = 10^3\sqrt{(1{,}5\sqrt{s^3} + 1)}\sqrt{\frac{F}{t}}\ \text{[A]}, \tag{10.26}$$

în care F este în daN, s în mm şi t în s.

Forţa de presare F se poate determina cu relaţia: $F = (150 - 250)\,s$ sau $F = ks^2\sigma_c$, unde, $k = (5 - 10)\,\dfrac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$, valorile mici fiind pentru metale mai plastice şi cele mari pentru metale dure; iar σ_c este efortul unitar de curgere al metalului de sudat [4], [9].

10.6.3. SUDAREA ELECTRICĂ ÎN LINIE PRIN PRESIUNE

10.6.3.1. MAŞINI PENTRU SUDAREA ÎN LINIE. Operaţiunea de sudare în cusătură sau linie se deosebeşte de cea prin puncte doar prin faptul că punctele se suprapun parţial, asigurînd pe lîngă rezistenţa mecanică a îmbinării şi etanşeitatea. Întreruperea circuitului primar se face electronic. Formarea de impulsuri se poate asigura şi cu ajutorul modulatoarelor intercalate în circuitul de alimentare.

Maşinile de sudat în linie pot fi: universale şi specializate; cu una, două sau mai multe cusături (fig. 10.68); cu aşezarea rolelor pe o parte sau ambele părţi ale tablelor; cu deplasarea piesei antrenate de role sau, cu deplasarea rolelor, piesa fiind fixă, iar după felul acţiunii forţei de presare asupra rolelor, mecanic, pneumatic, hidraulic etc.

La sudarea în linie a tablelor foarte subţiri se folosesc maşini cu baterie condensatoare, adică cu energie înmagazinată, deoarece acestea fac o dozare mai precisă a energiei electrice pentru sudare.

Mecanismul caracteristic al maşinilor de sudat electric prin presiune în linie, este mecanismul de acţionare al rolelor. La maşinile pentru sudarea cusăturilor longitudinale este suficient să existe acţionarea unei singure role, cealaltă rolă rotindu-se datorită frecării.

La maşinile universale, acţionarea rolei superioare poate fi realizată conform cu schema din fig. 10.69. În această construcţie rola superioară împreună cu motorul electric 1

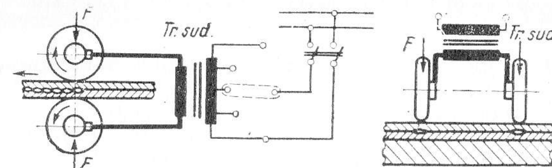


Fig. 10.68. Scheme ale maşinilor de sudat în linie

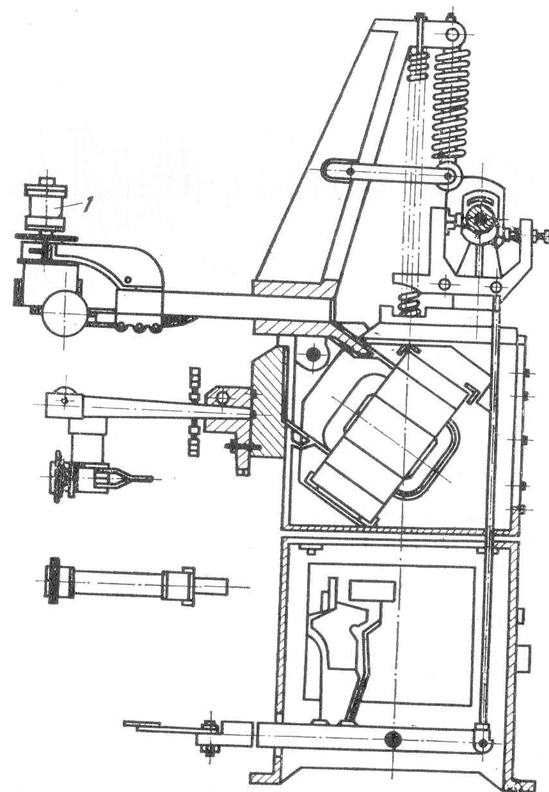


Fig. 10.69. Maşină de sudat în linie

formează un ansamblu care poate fi adaptat atît pentru sudarea cusăturilor longitudinale cît şi a celor transversale. Această soluţie este avantajoasă pentru cazul unei maşini care este destinată pentru sudarea prin puncte şi sudarea în linie.

10.6.3.2. TEHNOLOGIA DE SUDARE. La sudarea în linie, punctele sînt foarte apropiate unul de altul sau chiar suprapuse parţial. Rolele de contact au dimensiuni şi forme bine determinate. Diametrul este mai mare de 150 mm, iar lăţimea este de 3—8 mm în funcţie de grosimea tablelor care se sudează. Principalii parametri ai regimului de sudare sînt curentul de sudare, viteza de sudare şi forta de apăsare a rolelor. Curentul de sudare se ia de obicei de două ori mai mare decît la sudarea prin puncte.

Diagramele de variaţie în raport cu timpul a principalilor parametri: curentul de sudare I_s, spaţiul parcurs de piesele de sudat S şi forţa aplicată rolelor de contact F, sînt date în fig. 10.70.

La executarea unor suduri pretenţioase se aplică diagrame ale procesului de sudare, la care variază atît curentul cît şi forţa de apăsare pe role. După forma şi poziţia rolelor există de asemenea mai multe variante mai ales în funcţie de forma pieselor de sudat.

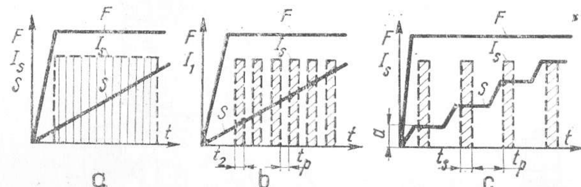


Fig. 10.70. Variante ale sudării în linie

Principalii parametri de sudare sînt: curentul de sudare, forţa de apăsare a rolelor de contact, pasul între două puncte consecutive, condiţiile de intermitenţă a curentului, viteza de sudare şi dimensiunile rolelor de contact.

Domeniul de aplicare al sudării în linie coincide cu al sudării prin puncte, în plus permite obţinerea unor îmbinări etanşe şi productivitate mărită. Se pot suda aproape toate metalele şi aliajele lor cu grosime pînă la 4 mm. Dintre aceste procedee, cel mai răspîndit este sudarea cu energie înmagazinată în cîmp electrostatic, adică cu baterie de condensatori. Parametrii procesului de sudare în linie se determină experimental pentru fiecare caz concret şi tip de maşină. În general forţa de apăsare a rolelor la sudarea în linie este mai mare cu pînă la 50% faţă de sudarea prin puncte. De asemenea la sudarea în linie este necesară o pregătire îngrijită a suprafeţelor de contact prin curăţirea lor şi asigurarea condiţiilor necesare pentru stabilirea unui contact electric corect.

10.6.4. SUDAREA PRIN PROCEDEE SPECIALE

10.6.4.1. SUDAREA PRIN FRECARE. Sudarea prin frecare face parte din procedeele de sudare prin presiune la cald, la care încălzirea capetelor pieselor de sudat se obţine pe seama forţelor de frecare ce iau naştere între două suprafeţe în contact şi în mişcare relativă.

Mişcarea relativă se obţine prin rotirea uneia din piese (fig. 10.71), rotirea în sens contrar a ambelor piese, rotirea unei piese intermediare sau prin deplasarea rectilinie alternativă a unei piese. Pe măsură ce temperatura capetelor creşte, sub influenţa forţei F

se realizează deformaţii plastice. Pentru realizarea sudării se opreşte mişcarea de rotaţie prin frînare.

Factorii cei mai importanţi, care influenţează procesul de sudare prin frecare sînt: felul materialului, adică caracteristicile mecanice şi termofizice, precum şi starea suprafeţei de contact, concretizată prin coeficientul de frecare; presiunea specifică la încălzire

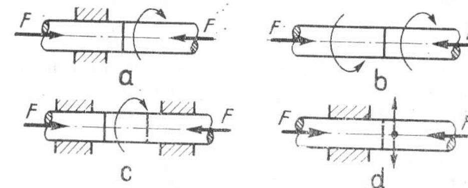


Fig. 10.71. Sudarea prin frecare, variante

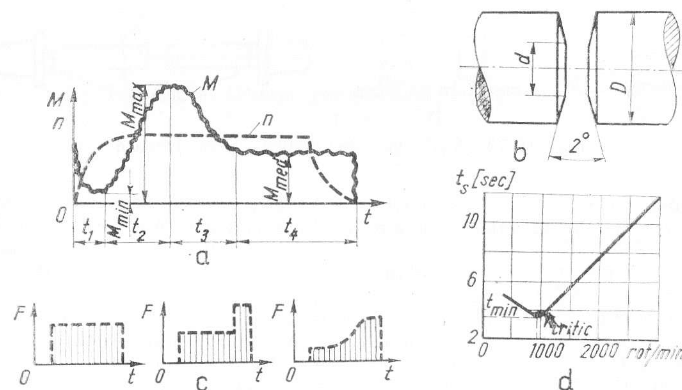


Fig. 10.72. Variaţia forţei, momentului şi turaţiei

şi refulare; turaţia sau viteza de deplasare şi timpul de sudare, în special timpul de încălzire a capetelor pieselor.

Variaţia în raport cu timpul a turaţiei n şi a momentului M transmis prin piesele de sudat (fig. 10.72) a scos în evidenţă cele patru faze distincte în cadrul procesului de sudare. În prima fază momentul cuplului de frecare scade la o valoare minimă în timp ce turaţia creşte. În faza a doua, cuplul de frecare creşte aproape liniar în raport cu timpul pînă atinge o valoare constantă în faza a patra.

Variaţia în acest fel a cuplului la F = const, este condiţionată de modificarea rugozităţii suprafeţelor în contact, a vitezei relative şi a temperaturii în cursul procesului de sudare.

Sursele termice nu sînt uniform repartizate pe rază în etapa iniţială, temperatura fiind mult mai mică la centru faţă de periferie; de aceea piesele cu diametru mai mare se prelucrează ca în fig. 10.72, *b* şi în felul acesta se asigură o încălzire mai uniformă.

Principalii parametri ai procesului de sudare sînt: viteza relativă de frecare sau turaţia relativă a pieselor, compresiunea specifică în timpul sudării, durata procesului de sudare în starea iniţială a suprafeţelor. Turaţia relativă poate fi variată în limite largi, fără a influenţa însuşirile mecanice ale îmbinării sudate. Ea are o influenţă asupra duratei operaţiei de sudare. În condiţiile turaţiei pentru care timpul de sudare este minim, se determină turaţia critică (fig. 10.72, *d*). Viteza relativă periferică se alege de obicei 2–3 m/s.

Compresiunea specifică, fig. 10.72, *c*, influenţează rezistenţa sudurii prin deformaţiile plastice şi prin configuraţia cîmpului termic pe care le determină.

Sudarea prin frecare se utilizează la îmbinarea pieselor cu secţiune circulară de diametre egale sau diferite, cum sînt: tije, arbori, prelungitoare la burghie, şuruburi etc. (fig. 10.73).

Procedeul se pretează atît la sudarea oţelurilor nealiate cît şi la sudarea metalelor neferoase, cuprul şi aluminiul. Faţă de sudarea electrică prin presiune, acest procedeu

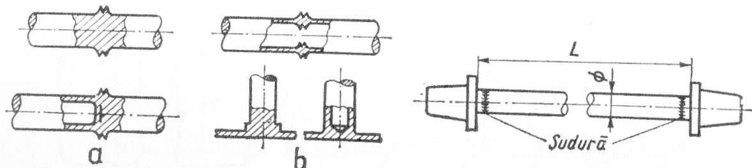


Fig. 10.73. Aplicaţii ale sudării prin frecare

prezintă următoarele avantaje: maşinile sînt simple, energia consumată este redusă, factor de putere ridicat, mecanizare şi automatizare mai uşoară a precesului de sudare.

10.5.4.2. SUDAREA CU ULTRASUNETE. Undele ultrasonore au diverse aplicaţii industriale, atît la aparate de control şi măsurare, cît şi la diferite procese de prelucrare, cum sînt sudarea şi tăierea cu ultrasunete. La sudare, ultrasunetele sînt produse de vibratoare magnetostrictive. Acestea se compun din două părţi principale: elementul activ, magnetostrictiv propriu-zis şi elementul pasiv, transformatorul acustic al vibraţiilor elastice, care pot fi cu ghid de unde transversal (fig. 10.74, *a*) şi longitudinal (fig. 10.74, *b*). Vibraţiile elementului activ se produc datorită fenomenului potrivit căruia, într-un cîmp magnetic alternativ o bară de nichel sau alt material magnetostrictiv îşi modifică dimensiunile.

În timpul sudării piesele sînt strînse între capătul transformatorului acustic confecţionat de obicei din oţel şi piesa 5, căreia i se aplică o forţă de presare. Sudarea are loc în momentul aplicării unui curent electric de înaltă frecvenţă de la generatorul de ultrasunete la bobinajul vibratorului. Vibraţiile elastice de înaltă frecvenţă care apar în vibratorul magnetostrictiv, se transmit pieselor de sudat prin transformatorul acustic, sub forma unor deplasări mecanice.

Ultrasunetele intensifică difuzia atomilor mărginaşi la piesele de contact şi astfel se realizează legătura sudată. Se pot suda piese cu grosime mică din aluminiu, cupru, oţeluri aliate şi mase plastice. Piesele pot avea grosimi pînă la 2,5 mm, iar maşinile o putere pînă la 20 kW.

Parametrii regimului de sudare sînt: amplitudinea undelor ultrasonore, care este 10–25μm; frecvenţa undelor cuprinsă între 15–70 kHz; timpul de sudare şi forţa de presare, care este 20–250 daN. În tabelul 10.11 se dau parametrii regimului de sudare pentru cîteva metale.

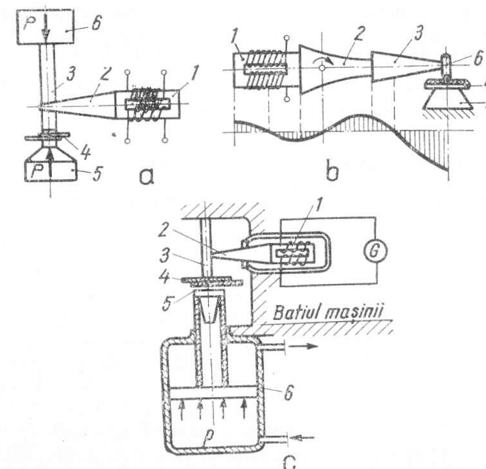


Fig. 10.74. Utilaje pentru sudarea cu ultrasunete

Tabelul 10.11

Parametrii regimului de sudare pentru cîteva metale

Felul materialului	Grosimea, mm	Parametrii regimului		
		Forţa de presiune daN	Timpul de sudare, min	Amplitudinea, μm
Aluminiu	0,3–0,7	20– 30	0,5–1,0	14–16
Aluminiu	0,8–1,2	35– 50	1,0–1,5	14–16
Aluminiu	1,3–1,5	50– 70	1,5–2,0	14–16
Cupru	0,3–0,6	30– 70	1,5–2,0	16–20
Cupru	0,7–1,0	80–100	2 –3	16–20

10.6.4.3. SUDAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ LA RECE. La sudarea prin deformare plastică la rece, îmbinarea se obţine prin aducerea în contact intim a pieselor, aşa încît se petrece o difuzie a atomilor şi se creează forţe de natură interatomică. Aceasta se realizează prin deformare plastică a zonei de contact, la o temperatură mai mică decît cea de cristalizare a metalului respectiv.

O parte din energia înmagazinată prin deformarea plastică a zonei de contact servește drept energie de activare pentru formarea unor grăunți cristalini comuni. Pentru ca îmbinarea să fie rezistentă este necesar ca suprafețele de contact să fie curate, deformarea să fie suficient de mare, iar tensiunile proprii să fie mici. Prin deformare plastică la rece se pot suda toate metalele în special cele cu plasticitate mare, cuprul și aluminiul etc.

Principalii parametri ai procesului de sudare sînt deformarea plastică caracterizată prin gradul de deformație $\Delta = \frac{h_0 - h}{h_0}\, 100$ (10.50) (h_0 — dimensiunea inițială; h — dimensiunea finală), presiunea necesară pentru realizarea deformației plastice dorite, temperatura și viteza de deformare.

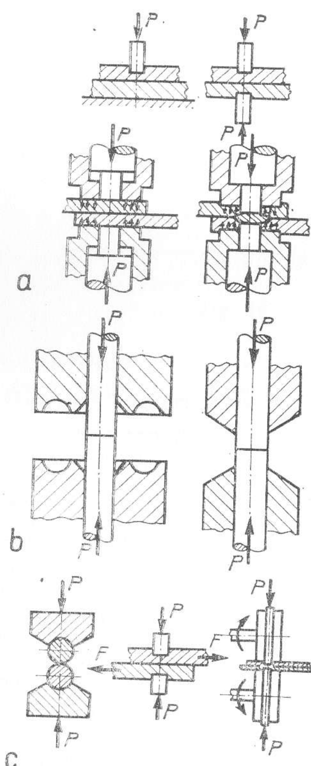


Fig. 10.75. Schema sudării prin deformației plastică la rece

Deformarea plastică necesară pentru obținerea unei îmbinări sudate cu anumite însușiri mecanice, depinde de materialul de sudat și starea suprafețelor în contact. Un material este cu atît mai ușor sudabil prin presiune la rece, cu cît deformația plastică necesară la realizarea unor îmbinări sigure, este mai mică. Astfel la sudarea plumbului este necesară o deformare de 60%, aluminiului 60—70%, cuprului 80—90%, fierului 85—92% etc.

O dată cu creșterea deformației plastice, rezistența îmbinării sudate se apropie de cea a materialului de bază. Temperatura are efect favorabil și micșorează deformarea plastică necesară, datorită mobilității atomilor, micșorării rezistenței față de deformarea plastică și micșorării tensiunilor proprii, rezultate la sudare.

Sudarea prin deformare plastică la rece se execută în două variante principale: prin suprapunere și cap la cap. Sudarea prin suprapunere este prezentată în fig. 10.75 *a*, unde se arată cîteva posibilități de sudare prin puncte la rece. Poansoanele sînt pe o parte sau pe ambele părți. Oprirea deformării piesei în zonele vecine sudurii se face cu dispozitive care presează inițial aceste zone.

Pentru sudarea barelor în prelungire, se folosește varianta de sudare cap la cap (fig. 10.75 *b*). Bacurile de fixare a capetelor barelor au forme speciale, pentru a fixa piesele și a îndepărta bavura după sudare.

În afara acestor variante mai sînt și altele, atît pentru sudarea tablelor, cît și a barelor prin suprapunere și a tablelor în linie (cusătură) cu role. Cu aceste procedee se sudează table de 0,2—1,5 mm și bare cu secțiunea pînă la 500 mm² și mai mare. Poansoanele au secțiune rotundă sau dreptunghiulară. Diametrul poansonului este de 2—3 ori mai mare decît grosimea tablei care se sudează. Suprafața frontală a poansonului poate fi plană sau bombată. Compresiunea specifică care trebuie realizată la sfîrșitul deformării este 30—60 $\frac{daN}{mm^2}$ la aliaje de aluminiu moi, 100—300 $\frac{daN}{mm^2}$ la cupru și aliaje de cupru.

10.7. TĂIEREA TERMICĂ A METALELOR

10.7.1. TĂIEREA CU OXIGEN

La tăierea cu oxigen, fenomenul de bază este arderea fierului într-un jet de oxigen pur, după relația: $3Fe + 2O_2 \rightarrow Fe_3O_4 + kcal$. Căldura degajată la arderea fierului întreține desfășurarea procesului în continuare. Pentru a compensa pierderile de căldură prin conductibilitate este necesară o sursă de căldură suplimentară, flacăra unui gaz combustibil. Pentru încălzirea metalului, în vederea amorsării arderii, se poate folosi acetilena, metanul sau propanul etc.

10.7.1.1. TĂIEREA OBIȘNUITĂ CU OXIGEN. Se face cu suflai special, reprezentat schematic în fig. 10.76, *a*. Amestecul de gaz combustibil și oxigen formează flacăra de preîncălzire, iar jetul de oxigen arde metalul încălzit și astfel începe tăierea (fig. 10.76, *b*).

Pentru a se putea tăia cu oxigen, metalul trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să ardă în stare solidă, netopită; oxizii de metal să aibă o temperatură de topire

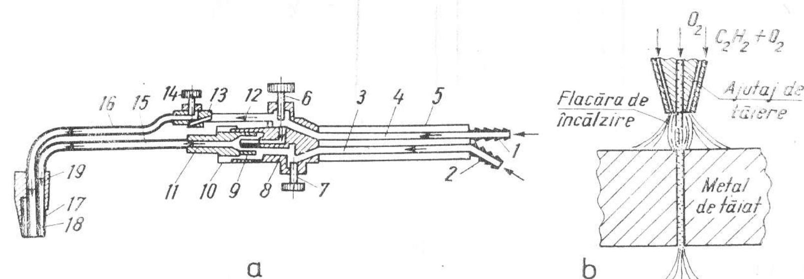


Fig. 10.76. Suflaiul și schema tăierii cu oxigen

mai joasă decît a metalului respectiv; prin ardere metalul să degaje căldură mare pentru întreținerea arderii în continuare, iar conductibilitatea termică a metalului să fie mică. Aceste condiții sînt îndeplinite numai de oțelul cu pînă la 0,7% carbon; celelalte oțeluri și metalele neferoase, folosite în tehnică, nu le îndeplinesc și nu pot fi tăiate cu oxigen în condiții tehnice corespunzătoare. Elementele din oțel cum sînt: carbonul, siliciul, cromul, nichelul etc. îngreunează tăierea acestuia.

Oxigenul destinat tăierii de precizie trebuie să fie cît mai pur (peste 98%) căci de acesta depinde în mare măsură productivitatea tăierii și calitatea tăieturii. Metalul de tăiat trebuie să fie curat, fără rugină sau vopsea. În ce privește tehnologia tăierii, în prima

fază se face preîncălzirea locală pînă la circa 1200°C, apoi se deschide robinetul pentru jetul de oxigen şi începe tăierea. În partea opusă suprafeţei pe care se taie, jetul de oxigen trebuie să fie liber, pentru a se putea evacua oxizii rezultaţi din procesul de tăiere şi în sfîrşit jetul de oxigen trebuie să aibă direcţia perpendiculară pe suprafaţa de tăiere. Experienţa a demonstrat că tablele de oţel se pot tăia şi în pachete pentru mărirea productivităţii muncii.

Se observă că la tăiere, zona influenţată termic este mult mai îngustă ca la sudare, din cauza scăderii rapide a temperaturii în raport cu distanţa. Din această cauză, transformările structurale durifică suprafaţa de tăiere mai ales la oţelurile cu conţinut mai ridicat în carbon sau aliate. Atenţie deosebită se acordă oţelurilor care se călesc puternic, deoarece în zona influenţată termic pot să apară fisuri la tăiere. Acestea pot fi prevenite prin preîncălzirea pieselor. În acest mod se micşorează totodată deformaţiile, tensiunile interne şi scade duritatea. Preîncălzirea se face cu arzătoare de mare putere, montate pe maşina de tăiat, care se deplasează o dată cu suflaiul de tăiat.

Oţelurile cu mult carbon şi aliate, fontele şi metalele neferoase nu se pot tăia obişnuit cu oxigen. Acestea se pot tăia însă cu oxigen şi cu flux.

10.7.1.2. TĂIEREA CU OXIGEN ŞI FLUX. Acest procedeu constă în aceea că oxigenul antrenează în zona de tăiere un flux sub formă de pulbere fină, care joacă rolul de oxidant (fig. 10.77). Se folosesc în acest scop două feluri de fluxuri: fluxuri neme-

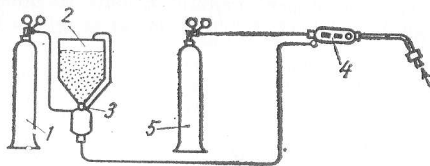


Fig. 10.77. Instalaţie pentru tăierea cu oxigen şi flux

talice, formate din amestecuri de carbonaţi, silicaţi şi fluxuri metalice sub formă de pulberi. Cu fluxuri se taie oţelurile inoxidabile şi cele feritice. Pulberile metalice sînt formate din pulbere de fier amestecată cu diverşi fondanţi, care micşorează temperatura de topire a oxizilor de tăiere. Utilajul folosit la tăiere este cel pentru tăiere cu oxigen, în plus este necesar un rezervor cu flux *2*, care este vibrat şi încă o butelie de oxigen *1*, care antrenează pulberea la locul tăierii. Dozarea fluxului antrenat se face în robinetul *3*. Suflaiul *4* şi butelia de oxigen *5* completează instalaţia.

Parametrii tehnologici la tăiere sînt: presiunea oxigenului, care se reglează în funcţie de grosimea metalului de tăiat şi viteza de tăiere. În fig. 10.78 se dă graficul acestor parametri pentru piese cu grosime pînă la 300 mm. Pentru grosimi mai mari sînt construite arzătoare speciale iar parametrii diferă. De exemplu pentru tăierea unei piese cu grosimea de 1000 mm, presiunea oxigenului de tăiere este 3 $\frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$, iar viteza de tăiere este de 50 mm/min.

10.7.2. TĂIEREA CU ARC ELECTRIC

Tăierea obişnuită cu arc electric este un procedeu detăiere care se bazează pe îndepărtarea metalului topit din zona tăierii prin acţiunea arcului electric şi datorită greutăţii proprii a metalului topit. Se pot tăia cu arc electric, oţeluri slab aliate, oţeluri aliate, metale neferoase şi fontă.

Tăierea se realizează cu electrozi de metal sau din cărbune în aer sau în mediu de gaze protectoare. Electrozii de metal folosiţi la tăierea cu arc electric au un înveliş

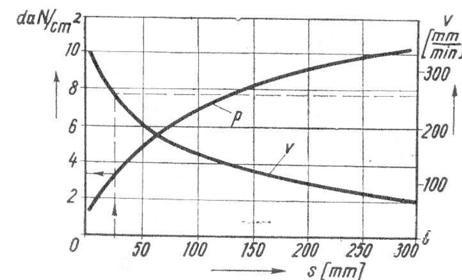


Fig. 10.78. Presiunea oxigenului şi viteza de tăiere în funcţie de grosimea piesei

gros special, care prin ardere dezvoltă o căldură mare şi oxigen şi astfel accelerează procesul de tăiere. Cînd electrozii au un canal la mijloc, se suflă oxigen în arc şi în acest caz creşte mult calitatea şi productivitatea tăierii.

Productivitatea tăierii cu arc electric se caracterizează prin cantitatea de metal topit în unitatea de timp şi depinde de mărimea curentuluişi de unghiul de înclinare a electrodului faţă de suprafaţa metalului care se taie. Experimental s-a stabilit că productivitatea maximă este la un unghi de înclinare de 10—15°.

Tăierea arc-aer este un procedeu de prelucrare a metalelor bazat pe două procese fizice: topirea metalului cu ajutorul arcului electric şi eliminarea metalului topit cu ajutorul unui jet de aer comprimat. Oxidarea metalului este un fenomen auxiliar, care nu influenţează procesul de tăiere. Cantitatea de metal topit depinde de puterea arcului electric şi de proprietăţile termofizice ale metalului. Prin procedeul de tăiere arc-aer se pot tăia oţelurile carbon, oţelurile slab aliate şi aliate, fonta, bronzul, alama, aluminiul şi aliajele sale. Tăierea arc-aer se foloseşte la prelucrarea suprafeţelor metalelor, la topirea porţiunilor defecte de la rădăcina cusăturilor, la tăierea niturilor, la curăţirea fisurilor, topirea defectelor din piese turnate, la pregătirea rosturilor pentru sudare, la străpungerea găurilor necesare pentru scoabe sau nituri de legătură etc. Tăierea arc-aer prezintă următoarele avantaje: este un procedeu de prelucrare economic, utilajul este simplu, iar materialele necesare sînt uşor de procurat. La tăierea arc-aer se folosesc electrozi de cărbune cu diametrul 6—12 mm şi lungimea mai mare de 250 mm. Electrozii de cărbune cupraţi şi electrozii de grafit asigură un proces stabil de tăiere. Tăierea arc-aer se face cu productivitate mai mare dacă electrodul este conectat la polul plus şi aceasta se datoreşte formei băii metalice, care are o suprafaţă convexă, conică şi poate fi îndepărtat mai uşor cu jetul de aer.

Pentru tăierea arc-aer, portelectrodul poate fi construit în următoarele variante: cu jet de aer concentric electrodului şi cu jet de aer lateral, într-o parte şi în ambele

părți. Portelectrodul poate fi universal sau cu destinații speciale. Tăierea arc-aer cu portelectrod cu jet de aer concentric poate fi folosit pentru tăiere în orice direcție, dar are dezavantajul că consumă mult aer comprimat. Portelectrodul cu jet de aer lateral se poate folosi la tăierea într-o singură direcție; jetul de aer este după electrod (în spate) ținînd seama de direcția de deplasare (fig. 10.79). Portelectrodul universal se folosește atît la tăierea cît și la sudarea cu electrod metalic.

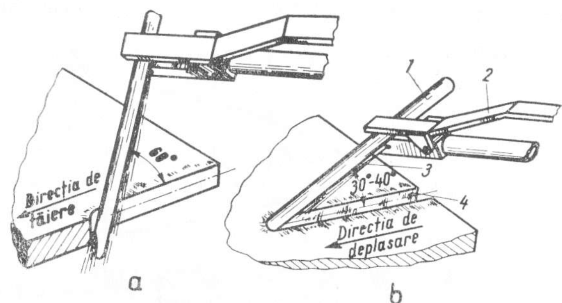


Fig. 10.79. Portelectrozi pentru tăierea arc-aer

Productivitatea tăierii arc-aer este proporțională cu mărimea curentului. În funcție de diametrul electrodului se poate stabili mărimea curentului cunoscînd că densitatea de curent poate fi $j = 6-8$ A/mm². Diametrul electrodului este de obicei 6–12 mm, presiunea aerului comprimat suflat în arc este 4–6 at. Dacă presiunea aerului este mai mare, arcul se stinge, iar dacă este mai mică, nu se îndepărtează bine metalul topit. Lungimea liberă a electrodului nu trebuie să depășească 100 mm. Pe măsura arderii electrodului, acesta se va deplasa în portelectrod. Viteza de tăiere depinde de mărimea curentului și de presiunea jetului de aer comprimat în anumite limite. Acestea se ale în funcție de grosimea piesei de tăiat și de diametrul electrodului (tabelul 10.12). Dacă electrodul se înclină în direcție transversală față de tăiere, se poate obține o tăiere înclinată pentru execuția rosturilor de sudare.

Tabelul 10.12

Alegerea vitezei de tăiere în funcție de diametrul electrodului

Diametrul electrodului, mm	Curentul A	Viteza de tăiere, mm/min, pentru grosimea tablei de tăiat, în mm			
		5	8	15	20
6	150	600	—	—	—
	300	1 200	600	—	—
8	150	1 000	400	—	—
	300	1 000	500	—	—
	400	2 000	800	400	—
10	300	1 200	—	—	—
	400	1 600	600	300	—
	500	2 000	1 000	500	500

10.8. LIPIREA MATERIALELOR METALICE

10.8.1. MATERIALE FOLOSITE LA LIPIRE

Lipirea se realizează prin difuzia materialului de adaos, aflat în stare lichidă, în metalul pieselor aflat în stare solidă. Materialele folosite la lipire sînt: metalul de adaos și fluxurile respective. Din punct de vedere al materialului de adaos și al rezistenței legăturii lipite, procedeele de lipire se împart în două categorii:

— lipire tare, cînd temperatura de topire a metalului de adaos este mai mare ca 500°C;

— lipire moale, cînd temperatura de topire a metalului de adaos este sub 500°C.

10.8.1.1. ALIAJE PENTRU LIPIRE TARE. În tabelul 10.13 sînt date aliajele de aluminiu cu siliciu care se folosesc la lipirea aluminiului și a aliajelor sale. Aliajele de cupru cu fosfor sînt date în tabelul 10.14 și se folosesc la lipirea cuprului și a aliajelor sale. Nu se recomandă folosirea acestui aliaj la lipirea oțelului și nichelului din cauza fosforului care produce fragilitate la rece.

Tabelul 10.13

Aliaje de lipit cu aluminiu și siliciu (BJ)

Compoziția, %			θ_{S1}, °C	θ_{L1}, °C
Al	Si	Alte elemente		
95		—	575	630
92,5	7,5	—	575	615
86	10	4Cu	520	584
88	12	—	575	580

Tabelul 10.14

Aliaje de lipit cu cupru și fosfor (BC)

Compoziția, %			θ_S, °C	θ_L, °C
Cu	P	Alte elemente		
95	5	—	708	896
93	7	—	708	805
89	6	5 Ag	645	815
87	7	6 Ag	640	748
80	5	15 Ag	640	702

Aliajele de cupru cu aur se folosesc la lipituri în industria electronică. Dintre aceste aliaje se menționează două: aliajul format din 62,5% Cu + 37,5% Au avînd temperatura de topire 990°C și aliajul format din 20% Cu + 80% Au avînd temperatura de topire 886°C.

Aliajele de cupru cu zinc sînt date în tabelul 10.15; ele se folosesc la lipirea nichelului și a aliajelor de cupru și nichel. Uneori se pot folosi și la lipirea alamelor.

Tabelul 10.15

Aliaje de lipit cu cupru și zinc (BB)

Compoziția, %			θ_S, °C	θ_L, °C
Cu	Zn	Alte elemente		
99	—	—	1082	1082
60	40	—	898	902
57	42	1 Sn	887	898
56	40	1 Sn 1 Fe 2Ni	865	887
52,5	47,5		854	868
51,5	45	3,5 Sn	862	876
48	42	10 Ni	922	936
47	41,5	10,5 Ni 1 Ag	920	932

Aliajele cu magneziu de tipul 89% Mg + 2% Al + 2% Zn și alte elemente avînd temperatura de topire 620°C se folosesc la lipirea magneziului și a aliajelor sale.

Aliajele de nichel și crom sînt date în tabelul 10.16; ele rezistă la temperaturi înalte și la coroziune. De aceea se folosesc la lipirea recipientelor și conductelor în industria chi-

Tabelul 10.16

Aliaje de lipit cu nichel și crom (BL)

Compoziția, %					θ_S, °C	θ_L, °C
Ni	Cr	C	Si	B		
75,5	16,5	0,2	4	3,8	960	1095
86	7	—	4	3	955	997
93,4	—	—	4	2,6	983	1024
71	19	—	10	—	1110	1140

mică. Aliajul de la numărul patru rezistă la oxidare pînă la temperatura de 1100°C. Aliajele de cupru cu argint sînt date în tabelul 10.17. Au utilizare largă la lipirea metalelor feroase și neferoase, cu excepția aluminiului. Avînd conductibilitate electrică bună, aliajele se utilizează la lipirea contactelor electrice.

Aliaje de cupru cu argint și staniu sînt date în tabelul 10.18. În unele se introduce cadmiu pentru a mări plasticitatea lipiturii.

Tabelul 10.17

Aliaje de lipit cu cupru și argint (BF)

Compoziția, %				θ_S, °C	θ_L, °C
Cu	Ag	Alte elemente			
15	45	24 Cd	16 Zn	608	618
30	40	2 Ni	28 Zn	658	780
22	56	15 Sn	17 Zn	618	652
—	85	15 Mn	—	960	972
7	92,5	0,5 Si	—	760	890

Tabelul 10.18

Aliaje de cupru cu argint și staniu (BG)

Compoziția, %				θ_S, °C	Utilizarea
Ag	Cu	Sn	Cd		
20	45	35	—	765	Lipirea alamei
20	45	30	5	765	
30	38	32	—	738	Lipirea cuprului
45	30	25	—	670	Lipirea oțelurilor inoxidabile
50	15,5	16,5	18	620	
50	34	16	—	687	
70	20	10	—	712	Lipirea argintului
80	16	4	—	768	

10.8.1.2. ALIAJE PENTRU LIPIREA MOALE: cele mai folosite aliaje pentru lipirea moale şi domeniul de aplicare sînt date în tabelul 10.19. Cea mai importantă grupă de aliaje pentru lipirea moale o formează aliajele de plumb cu staniu, la care se adaugă stibiu, cînd se cere o rezistenţă mecanică mai mare. În unele cazuri este necesar ca aliajele de lipit să aibă temperaturi de lipire foarte scăzute. Cîteva aliaje de acest tip se dau în tabelul 10.20 remarcîndu-se faptul că toate sînt eutectice şi ca urmare temperaturile de topire sînt cele mai scăzute cu putinţă.

10.8.2. TEHNOLOGIA LIPIRII

În vederea lipirii piesele se curăţă mecanic prin sablaj şi chimic. Rostul dintre piesele de lipit trebuie astfel pregătit ca să se asigure pătrunderea prin capilaritate a metalului de adaos lichid. Rostul pentru lipire depinde de metalul de bază, de starea suprafeţelor pieselor de lipit şi de aliajul cu care se face lipirea. În cazul aliajelor pe bază de cupru şi pe bază de argint, care au o fluiditate mare, se poate alege rostul de lipit (jocul dintre piese) mai mic decît în cazul altor aliaje.

La lipirea oţelurilor cu aliaje de cupru, jocul optim este 0,04—0,5 mm; cu aliaje de argint 0,02—0,15 mm şi cu alamă, 0,05—0,25 mm. La lipirea cuprului şi aliajelor de cupru se recomandă următoarele jocuri în funcţie de aliajul de lipit: 0,08—0,40 mm la lipire cu aliaje de argint; 0,05—0,3 mm la lipire cu alamă. Pentru lipirea aluminiului cu aliaje de aluminiu şi siliciu se recomandă jocuri de 0,1—0,6 mm.

Un caz deosebit este acela la care trebuie lipite două piese din materiale care au coeficienţi de dilatare termică foarte departe unul de altul. În acest caz se ţine seama de variaţia jocului dintre piese în cursul proceselor de încălzire şi răcire a lipiturii (cazul lipirii plăcuţelor din carbură de wolfram pe suportul de oţel).

În ce priveşte forma lipiturii, ea se face în cazul lipiturilor cap la cap în mai multe variante: cu margini suprapuse pe o lăţime de 2—3 ori grosimea tablelor sau cu pregătirea marginilor conform fig. 10.80. În cazul lipiturilor în T se folosesc variantele prezentate în fig. 10.81 unde se observă tendinţa de mărire a suprafeţelor între care se produce îmbinarea. După curăţirea pieselor se aplică lipirea care în principiu se face în două moduri: în primul mod se introduce metalul de adaos în stare topită la locul lipiturii iar în al doilea mod se introduce metalul de adaos şi fluxul între piese şi apoi tot ansamblul se încălzeşte la temperatura de lipire. Aplicarea uneia sau alteia din aceste două posibilităţi depinde de numărul pieselor ce se lipesc, de tipul pieselor şi de utilajele care stau la dispoziţie.

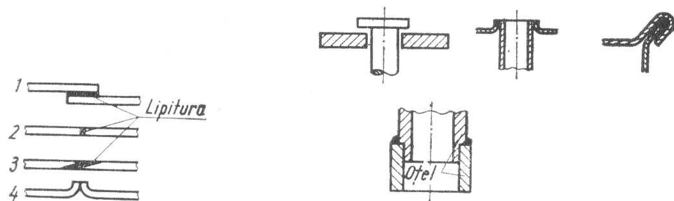


Fig. 10.80. Forme de lipituri cap la cap

Fig. 10.81. Forme de lipituri în T.

Tabelul 10.19

Aliaje pentru lipire moale

Compoziţia, %					θ_S, °C	θ_L, °C	Utilizarea
Pb	Sn	Sb	Ag	Zn			
95	5	—	—	—	300	313	Lipirea la temperaturi moderate
90	10	—	—	—	268	300	Se utilizează la lipiri unde sînt
80	20	—	—	—	183	280	necesare intervale mari de solidi-
70	30	—	—	—	183	255	ficare
60	40	—	—	—	183	235	Aliaje folosite la diferite lipiri:
50	50	—	—	—	183	214	conexiuni electrice, table subţiri
40	60	—	—	—	183	190	Aliaj eutectic, care dă lipituri fine
30	70	—	—	—	183	193	Lipirea zincului
79	20	1	—	—	184	270	Sb măreşte rezistenţa mecanică
68,4	30	1,6	—	—	184	250	Nu se recomandă la lipirea Al
58	40	2	—	—	185	231	şi Zn
5	95	—	—	—	234	240	Are conductibilitate electrică bună la lipirea conexiunilor electrice
	95	—	5	—	222	245	—„—
—	91	—	—	9	199	199	Lipirea aluminiului
—	70	—	—	30	199	312	
—	30	—	—	70	199	376	
97,5	—	—	2,5	—	304	304	
97,5	1	—	1,5	—	309	309	Lipirea aluminiului
—	—	—	Cd82,5	17,5	265	265	
—	—	—	Cd40	60	265	236	
—	—	—	Cd10	90	265	400	Lipirea aluminiului
—	—	—	Al5	95	383	383	

Tabelul 10.20

Aliaje uşor fuzibile

Compoziţia, %				θ_S	θ_L
Pb	B	Zn	Cd		
26,7	50	13,3	10	70	70
32	52,5	15,5	—	95	95
44,5	55,5	—	—	124	124

Ca surse de căldură pentru lipire, acestea se aleg în funcţie de temperatura necesară şi de procedeul de lipit. Astfel se utilizează flacăra oxigaz, ciocane de lipit electric sau încălzite la flacără de gaz, lămpi de benzină, surse electrice cu arc sau efect Joule, băi de săruri topite, curenţi de înaltă frecvenţă, cuptoare cu sau fără atmosferă controlată etc. Spre deosebire de sudare, la lipire se preferă o încălzire mai lentă şi dispersată pe zone mari. Din acest motiv se folosesc următoarele procedee de lipire: lipirea cu flacără oxigaz, lipirea în cuptor, lipirea cu inducţie, lipirea prin rezistenţă electrică şi lipirea prin scufundare.

Lipire cu flacără oxigaz se foloseşte mai ales în cazul pieselor de grosime mare. Flacăra trebuie să fie neutră sau uşor reducătoare. Lipirea cu flacără oxigaz decurge astfel: se aşază fluxul decapant pe locul de lipire, se face încălzirea la temperatura necesară în mod uniform şi apoi se depune metalul de adaos care pătrunde între piese.

Lipirea în cuptor se foloseşte în cazul pieselor de serie mare şi care permit o încălzire totală fără deformări. Lipirea în cuptoare se face cu atmosferă controlată pentru a proteja piesele şi aliajul de lipit. Piesele de lipit se aşază în poziţia exactă pentru lipire, iar aliajul de lipit se aşază în vecinătatea rostului sau în rost în forme potrivite situaţiei. Este foarte importantă aşezarea corespunzătoare a pieselor şi a aliajului, astfel ca în cuptor metalul de adaos să umple complet rostul dintre piese fără să se scurgă.

Lipirea prin inducţie se bazează pe încălzirea electromagnetică cu curenţi de joasă tensiune şi înaltă frecvenţă. Piesa este îmbrăcată de solenoidul parcurs de curent. Cu cît frecvenţa este mai înaltă cu atît pătrunderea este mai redusă. Acest fenomen este folosit la reglarea zonei folosite. Inductorii după forma piesei de încălzit pot fi în formă de bobină sau în formă de placă. În funcţie de mărimea suprafeţei de încălzit pot avea o spiră sau mai multe spire. Pentru a încălzi uniform suprafaţa piesei de lipit, spirele sînt aşezate cu pas variabil şi au forme şi dimensiuni corespunzător determinate (fig. 10.82).

Pentru alimentarea cu energie electrică a procesului de lipire prin inducţie, se folosesc grupuri rotative motor-generator avînd frecvenţa variabilă între 10^3 şi 10^4 Hz

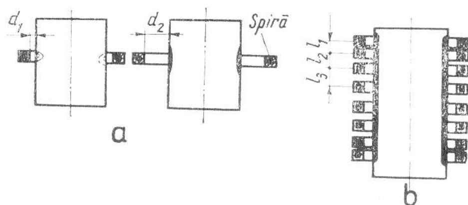


Fig. 10.82. Lipirea prin inducţie

şi puteri pînă la 1000 kW sau convertizoare de frecvenţă 10^4-10^5 Hz cu circuite oscilante de puteri pînă la 40 kW. Lipirea prin inducţie se desfăşoară foarte repede, temperatura de lipire atingîndu-se în zecimi de secundă. Din această cauză se cere o pregătire foarte exactă a pieselor de lipit. Aliajul de lipit se va aşeza cît mai aproape de rostul pe care trebuie să-l umple fără să sufere acţiunea directă de încălzire a inductorului. Lipirea prin inducţie se foloseşte mai ales la piesele din oţeluri feromagnetice.

Lipirea prin rezistenţă electrică se bazează pe încălzirea pieselor de lipit la trecerea unui curent electric prin ele. La trecerea curentului, aliajul de lipit şi

capetele pieselor se încălzesc iar cînd metalul de adaos se topeşte se întrerupe curentul şi lipirea este terminată. La acest mod de încălzire electrozii de contact sînt din cupru sau din aliaj de cupru cu crom astfel ca încălzirea lor şi a locului de contact cu piesele să fie cît se poate de mică. Durata de încălzire variază între 2 şi 60 s. Alimentarea cu energie electrică se face de la transformatoare cu tensiuni în secundar de 4—8 volţi şi curenţi, după caz, de la cîteva sute la cîteva mii de amperi. La acest mod de încălzire se utilizează aliaje cu punct de topire scăzut cum sînt cele pe bază de argint.

Lipirea prin scurgere. Se poate executa în două feluri: se scufundă piesele de lipit într-o baie de săruri topite, după ce metalul de adaos a fost aşezat în rostul lipiturii sau se scufundă piesele de lipit în aliajul de lipit topit. Băile de săruri topite sînt de obicei cloruri sau cianuri la lipituri cu temperaturi medii folosind ca aliaje de lipit alama sau aliaje de argint. Temperatura băii este de 950°C. Dacă piesele sînt masive scufundarea se face treptat pentru a evita topirea prematură a aliajului de lipit. Durata scufundării este 1—2 minute. Al doilea mod de lipire se aplică la lipirea cu alamă a pieselor de oţel sau de fontă. Baia metalică topită este acoperită de un strat topit de flux, format din 75% borax şi 25% acid boric. O altă aplicaţie este lipirea aluminiului cu aliaje de aluminiu şi siliciu. În acest caz, metalul topit se acoperă cu flux uşor alcalin.

BIBLIOGRAFIE

1. BECKERT M., NEUMANN A. *Grundlagen der Schweisstechnik*. Berlin, VEB, Verlag, 1963.
2. BOTH, D. *Tehnologia sudării electrice*, Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1967.
3. ERDMANN, JESNITZER. *Werkstoff und Schweissung*. Vol. I, II. Berlin, Akademik Verlag, 1966.
4. GELMANN, A. *Tehnologia sudării prin presiune*, Moscova, Maşghiz, 1956.
5. HRENOV, K. *Tehnologia tăierii şi sudării metalelor*. Moscova, Maşghiz, 1964.
6. MIKLOŞI, C. *Sudarea metalelor*. Bucureşti, Editura tehnică, 1965.
7. PATON, E.O. *Tehnologia sudării electrice prin topire*. Moscova, Maşghiz, 1962.
8. POPOVICI, VL., IVANCENCO, AL. *Utilajele sudării electrice*. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1968.
9. RÎKALIN, H. *Teoria proceselor de sudare*. Moscova, Maşghiz, 1963.
10. SĂLĂGEAN, TR. *Fenomene fizice şi metalurgice la sudare*. Bucureşti, Editura Academiei R.S.R. 1963.
11. SEFERIAN. D. *Metalurgie de la soudure*, Paris, Dunod, 1965.
12. ŞARLĂU, C. *Stabilirea raţională a parametrilor regimului de sudare automată*. Timişoara, Consfătuirea a V-a de Sudură, 1965.

11. FABRICAREA PIESELOR DIN PULBERI METALICE

11.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Necesitatea de a elabora materiale cu caracteristici deosebite cerute de tehnica modernă şi care nu se pot obţine prin metodele clasice a determinat apariţia şi dezvoltarea metalurgiei pulberilor, ramură a metalurgiei care se ocupă cu obţinerea şi utilizarea pulberilor metalice ca atare sau sub formă de produse sinterizate.

Pulberea este materialul format din particule de metale pure, de aliaje, de compuşi intermetalici, de compuşi chimici ai metalelor sau de amestecuri mecanice ale mai multor componenţi şi ale căror dimensiuni pot varia între 0,1 şi 1000 μm. Mărimea granulelor utilizate în metalurgia pulberilor pe scară industrială este cuprinsă însă în limite mai restrînse variind între 1 şi 400 μm.

Confecţionarea semifabricatelor din pulberi metalice se realizează printr-o tehnologie simplă dar pretenţioasă, care are la bază două operaţii principale: formarea semifabricatelor şi sinterizarea.

Formarea este operaţia de obţinere a unor semifabricate intermediare, de formă stabilă, cu sau fără utilizarea presiunii care uşurează operaţia de sinterizare şi asigură în condiţii economice obţinerea proprietăţilor finale prescrise.

Sinterizarea este tratamentul termic care se aplică unui semifabricat compus din pulberi, cu scopul îmbunătăţirii proprietăţilor fizico-mecanice de rezistenţă, utilizîndu-se o temperatură suficient de înaltă, dar sub punctul de topire al componentului principal al materialului.

Importanţa economică a aplicării metalurgiei pulberilor se datoreşte următorilor factori mai importanţi:

— posibilitatea obţinerii pieselor cu configuraţie mai puţin complexă, direct la forma geometrică şi dimensiunile finale, fără alte prelucrări ulterioare;

— economie de metale prin eliminarea aproape completă a deşeurilor, care la alte metode reprezintă între 20 şi 80% din masa semifabricatelor prelucrate;

— un preţ de cost mai redus al produselor fabricate în serii mijlocii sau mari faţă de posibilităţile oferite de tehnologia obişnuită;

— posibilitatea înlocuirii metalelor neferoase deficitare;

— eliberarea unor mari capacităţi de producţie din parcul de maşini-unelte, producţia realizîndu-se la acelaşi nivel calitativ, cu un personal mai puţin calificat şi mai puţin numeros;

— ridicarea performanţelor tehnice ale maşinilor, aparatelor şi instalaţiilor la care se montează piese obţinute prin această metodă.

Faţă de avantajele enumerate metoda are şi unele neajunsuri:

— produsele din pulberi metalice sînt de obicei mai scumpe decît produsele echivalente turnate sau laminate;

— configuraţia şi mărimea pieselor este limitată de puterea preselor, avînd în vedere faptul că regimul de presare necesită presiuni de pînă la 70 kN/cm².

11.2. FENOMENE DE BAZĂ ÎN METALURGIA PULBERILOR

Esenţa procesului de obţinere a produselor din pulberi metalice o constituie operaţiile de formare şi de sinterizare, care determină realizarea şi creşterea suprafeţelor de contact, cît şi apariţia legăturilor de coeziune interatomice. Acestea se obţin în următoarele etape:

— formarea legăturilor tip „punct";

— creşterea legăturilor „punct" şi formarea suprafeţelor de contact;

— creşterea cristalelor noi, sferoidizarea şi dispariţia porilor, etape care apar în operaţiile de formare (cu şi fără presare) şi de sinterizare.

Etapele pot fi consecutive, suprapuse într-o anumită măsură sau simultane, favorizate fiind de: curgerea plastică, difuziunea superficială, difuziunea în straturile marginale ale grăunţilor, difuziunea în toată masa metalului, evaporare şi condensare. Aceste etape determină mecanismul obţinerii produselor sinterizate, mecanism ce poate fi urmărit în fig. 11.1.

Formarea legăturilor tip „punct" apare încă de la vărsarea simplă a pulberilor, unde se formează de obicei primele suprafeţe de contact între particule, suprafeţe care sînt instabile şi de dimensiuni reduse; la tasarea pulberii, suprafeţele de contact se măresc însă în majoritatea cazurilor aceste suprafeţe rămîn tot instabile, astfel încît nu pot asigura un grad de consolidare suficient pentru ca semifabricatele obţinute să-şi poată

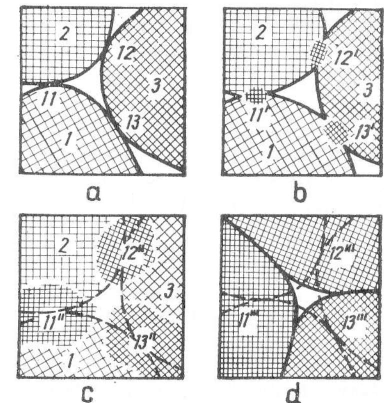


Fig. 11.1. Mecanismul sinterizării pulberilor metalice cu un singur constituient:
a — formarea legăturilor tip „punct"; *b* — creşterea legăturilor „punct" şi formarea suprafeţelor de contact; *c* — dezvoltarea noilor grăunţi cristalini; *d* — creşterea cristalelor noi, sferoidizarea, dispariţia porilor; *1, 2, 3...* — particule de pulberi; *11, 12, 13..., 11', 12', 13'..., 11'', 12'', 13''...; 11''', 12''', 13'''...* — nuclee de cristalizare în diferite faze de dezvoltare

păstra forma. În cazul presării însă, realizarea acestor legături este determinată de compactizarea pulberii prin alunecare, de redistribuirea particulelor cît şi de deformarea plastică ce are loc în întreaga masă de pulberi, imprimînd astfel semifabricatului o formă stabilă.

Creşterea legăturilor „punct" şi formarea suprafeţelor de contact se produc în timpul sinterizării, fiind favorizate de creşterea mobilităţii atomilor odată cu creşterea temperaturii. Astfel „punctele" realizate în faza anterioară cresc lateral, transformîndu-se în „suprafeţe" de contact (ce sînt în realitate volume), iar nucleele de cristalizare se dezvoltă în lungul suprafeţelor de contact şi în adîncime, peste graniţele reţelelor cristaline iniţiale. În continuare, datorită procesului de difuziune şi de curgere plastică noii grăunţi cristalini se dezvoltă, porii dintre particule sînt micşoraţi şi izolaţi, volumul semifabricatului se contractă şi se compactizează. În unele cazuri, creşterea suprafeţelor de contact poate avea loc fără contracţiuni, respectiv fără micşorarea volumului. Creşterea legăturilor „punct" şi formarea suprafeţelor de contact se consideră terminată atunci cînd porii sînt izolaţi între ei şi de suprafaţa semifabricatului.

Creşterea cristalelor noi, sferoidizarea şi dispariţia porilor reprezintă ultima fază în obţinerea produselor din pulberi metalice. Creşterea granulară începută în a doua fază se accentuează; porii sînt micşoraţi treptat, căpătînd o formă sferică şi treptat sînt eliminaţi total sau parţial, în funcţie de desfăşurarea în sine a procesului, adică depinzînd de temperatură, de durată, de natura pulberilor etc. Fenomenele din această fază se desfăşoară mai lent şi se termină odată cu procesul de sinterizare. Recristalizarea, care se produce în a doua şi a treia etapă, se realizează în trei stadii, în funcţie de temperatură: la 0,3—0,4 din temperatura absolută de topire a metalului respectiv, se produce o recristalizare de suprafaţă; la 0,4—0,45 din temperatura absolută de topire a metalului respectiv se începe recristalizarea spaţială iar peste 0,45 din temperatura absolută de topire a metalului respectiv se realizează recristalizarea de asamblare între particule, care uneori poate avea loc în toată masa pulberilor. Recristalizarea şi creşterea grăunţilor se dezvoltă — cu unele diferenţe — după aceleaşi legi care acţionează în cazul metalelor şi al aliajelor turnate şi ecruisate, supuse tratamentului termic.

Datorită transformărilor produse în aceste procese, proprietăţile fizice şi mecanice ale masei de pulberi se modifică sensibil.

11.3. PROCESUL TEHNOLOGIC DE FABRICARE AL UNEI PIESE DIN PULBERI METALICE

Procesul tehnologic de fabricare al unei piese din pulberi metalice, comportă următoarele operaţii fundamentale:

11.3.1. OBŢINEREA PULBERILOR SAU A AMESTECURILOR DE PULBERI

În tabelul 11.1 sînt enumerate diferite procedee de obţinere cît şi domeniul de utilizare a pulberilor. Procedeul de obţinere a pulberii influenţează în mare măsură proprietăţile particulelor, preţul de cost al produselor fabricate cît şi tehnologia prelucrării ulterioare a pulberii pînă la obţinerea produselor finite.

Proprietăţile produselor sinterizate (tabelul 11.2) sînt dependente în mare măsură de proprietăţile fizice şi chimice ale pulberilor utilizate.

Proprietăţile fizice mai importante sînt:

— forma, respectiv neregularităţile suprafeţei particulelor, care influenţează în mod hotărîtor asupra proprietăţilor de presare a pulberii cît şi asupra rezistenţei muchiilor pieselor presate; se recomandă utilizarea particulelor cu formă cît mai diferită de cea sferică;
— densitatea după umplere şi după scuturare;
— compactitatea de umplere;
— fluiditatea;
— duritatea şi plasticitatea pulberii.

Conţinuturile de oxigen, carbon, siliciu, sulf, fosfor etc., sînt date procentual în tabelul 11.3, pentru cele mai uzuale pulberi metalice. Compoziţia chimică cît şi rezistenţa la oxidare influenţează procesul de fabricaţie şi diminuează proprietăţile finale ale produselor, în cazul depăşirii valorilor prescrise.

11.3.2. PREGĂTIREA PULBERILOR PENTRU FORMARE

Pregătirea pulberilor constă din următoarele operaţii:
— sortare după mărimea particulelor, ce se realizează cu ajutorul sitelor vibratoare, pentru pulberi cu granulaţie mai mare de 44 μm, şi cu instalaţii pneumatice de sortare sau instalaţii bazate pe sedimentarea pulberii în medii lichide, pentru pulberile cu granulaţie foarte fină;
— tratament termic în atmosferă reducătoare aplicat pulberilor ce prezintă un grad ridicat de ecruisare sau celor ce prezintă oxizi peste limita admisă;
— dezintegrarea aglomeratelor de pulberi după elaborare sau după tratamentu termic;
— dozarea amestecului de pulberi, de obicei cu balanţe automate sau cu program;
— omogenizarea loturilor;
— ambalarea şi păstrarea pulberilor în cazul în care nu se utilizează imediat, pentru a preîntîmpina oxidarea lor.

11.3.3. FORMAREA

11.3.3.1. CLASIFICAREA PROCESELOR DE FORMARE. În metalurgia pulberilor formarea semifabricatelor se realizează prin presarea sau fără presarea pulberii.

Formarea semifabricatelor din pulberi prin presare se poate realiza prin:
— presarea pulberilor în matriţă la temperatura ambiantă;
— presarea pulberilor în matriţă la cald;
— presarea izostatică a pulberilor;
— presarea pulberilor prin explozie;
— extrudarea pulberilor;
— laminarea pulberilor.

Formarea semifabricatelor din pulberi fără presare se poate realiza prin:
— vărsarea simplă fără tasare şi în forme de ipsos (Slip casting)
— compactizarea prin vibrare sau alte formări speciale.

11.3.3.2. FORMAREA PRIN PRSARE ÎN MATRIŢĂ. Comportarea la sinterizare a semifabricatelor obţinute depinde în mare măsură de procedeul de formare. Cea mai des utilizată este formarea în matriţă prin presare. La procesul de presare un rol important îl are factorul de umplere, care este raportul între înălţimea de umplere

Metode de obținere				Materia primă	
Mecanice	Din faza solidă	Dezintegrare grosolană și fină prin măcinare	În mori cu bile și în mori vibratoare	Metale casante	
				Metale plastice devenite casante	Burete din minereuri
					Precipitate electronice
					Așchii, sîrme
				Aliaje casante	
		Granulare	În mori cu vîrtej	Materiale metalice plastice	
	Din faza lichidă		În apă	Materiale metalice plastice în stare lichidă	
			Prin agitare în cursul solidificării		
		Pulverizare	Centrifugă cu aer și apă DGR, jeturi de apă		
			Cu aer și aburi DPZ		
Fizicochimice	Din faza gazoasă	prin condensare		Vapori de metal	
		Procedeul carbonil		Carbonil de metal	

Tabelul 11.1

Metode de obținere și domeniul de utilizare a pulberilor metalice

Caracteristicile pulberei			Domeniul de utilizare
Simbol	Formă	Mărimea grăunțelor µm²	
Mn, Cr, Sb, Bi, Co	Poliedrică, aciculară disc	10 — 1 000	Piese de mașini pentru industria chimică
Fe			Lagăre poroase, piese de mașini
Fe, Cr			Magneți, piese de mașini
Fe, Al, Cu			
Fe-Al, Fe-Cr, etc.			
Fe, Ni-Fe Cu, Ag, Al.	Disc	20 — 1 000	Lagăre poroase, amalgame ș.a.
Fe, Pb Cu, Ag	Sterilă	250	Lagăre poroase, cărbune metalic, filtre, magneți, piese de mașini, amalgame, etc.
Al, Cd, Sn, Zn		20 — 400	
Fe, Cu, Ni, Al, Bz, Am, Pb-Cu etc.			
Al, Co, Fe			
Zn, Mo Cd	Sferică	0,1—10 Cd	Lagăre poroase, cărbune metalic, bimetale, magneți, materiale pentru vid, aliaje dure, filtre
Ni, Fe Co, Cr		0,1—5	

Metode de obținere				Materie primă
Fizicochimice	Din faza lichidă	Reducere	Soluții apoase de săruri	Săruri de Ag, Au, Pt, Sn
			Topituri de săruri	Cloruri, floruri și sărurile elementelor
		Electroliză	Soluții apoase de săruri	Săruri de Fe, Cu, Pb, Sn etc.
			Topituri de săruri	Săruri de Zr, V, To, Nb, Ti, Th
		Reducerea compușilor chimici la temperatură înaltă. Hägonäs; Pyron, H. Iron; Ch4 convertit, CH_4 neconvertit FREM		Oxizi metalici, minereuri, săruri organice
		Coroziune intercristalină		Oțel inoxidabil
		Reacții chimice cu metaloizi		Metale și oxizi de metale

și înălțimea semifabricatului presat (fig. 11.2). Înălțimea de umplere H_u cu pulbere liber vărsată se determină cu relația

$$\frac{\rho_u}{\rho_p} = \frac{H_u}{H_p} \text{ de unde } H_u = \frac{\rho_u}{\rho_p} \cdot H_p \tag{11.1}$$

în care: ρ_u este densitatea de umplere a pulberii, g/cm^3; ρ_p — densitatea aparentă a semifabricatului presat, g/cm^3.

Dimensionarea matrițelor se face ținînd seama de factorul de umplere al pulberii respective, de concentrația în urma sinterizării și de relaxarea elastică ce are loc după presare.

Forța specifică de presare (presiunea de compactizare) se alege astfel, încît, în funcție de proprietățile inițiale ale pulberii utilizate să se obțină o stabilitate cores-

Tabelul 11.1 (continuare)

Caracteristicile pulberei			Domeniul de utilizare
Simbol	Formă	Mărimea grăunțelor µm2	
Ag, Au, Pt, Sn		0,1–10	Amalgame, lagăre poroase, contacte electrice (W. Ag)
Ta, Nb, Ti Th, Zr, V.			Materiale pentru vid, ind. chimică, etc.
Fe, Cu, Pb, Sn	Neregulată, dentritică și aciculară poroasă	0,1–30	Lagăre poroase, cărbune metalic, magneți etc.
Ta, Th, Nb, Ti, Zr, V.			Materiale pentru industria chimică etc.
W, Mo, Fe, Ni, Ca, Co, Ti, Zr, U	Neregulată cu asperități și spongioasă	0,1–10	Filamente pentru becuri, plăcuțe pentru contacte electrice, aliaje dure, magneți
Cr-Ni		200	Piese pentru mașini și industria chimică
carburi nitruri bonuri de W, Mo, Ta, Ti		1–50	Aliaje dure

punzătoare a formei semifabricatului, precum și o porozitate anumită a produsului presat, știind că acestea se pot realiza în limite largi (fig. 11.3).

Mărimea presiunii de compactizare se alege în funcție de curba de presabilitate, ridicată pentru pulberea sau amestecul de pulberi ce urmează a se presa, ținînd seama de porozitatea dorită a semifabricatului, precum și de specificul materialului presat.

Presiunea de compactizare este cel mai important factor care determină proprietățile semifabricatului presat cum ar fi: porozitatea, rezistența mecanică și duritatea.

Caracteristica principală a produselor obținute prin metalurgia pulberilor este structura poroasă. Determinarea porozității totale a produsului presat se face cu relația

$$P_t = 100\left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_m}\right) \ [\%], \tag{11.2}$$

unde: ρ_p este densitatea aparentă a corpului presat în g/cm^3 iar ρ_m — densitatea reală a materialului.

Tabelul 11.2

Analiza granulometrică, densitatea de umplere şi fluiditatea unor pulberi de fier

Denumirea pulberii (procedeu)	Fabricată	Reparaţia granulometrică, %							ρu g/cm³	Fluiditatea s/50 g
		> 208 µm	208–147 µm	147–104 µm	104–74 µm	74–52 µm	52–44 µm	< 44 µm		
Häganäs I	Suedia	—	0,2	10,8	29,0	32,0	8,0	20,0	2,4	28,9
Häganäs II	Suedia	—	—	24,3	34,4	12,9	13,4	15,0	2,48	—
R.Z.	R. F. a Germaniei	—	0,6	11,4	23,1	30,0	9,1	25,8	2,5	26,5
Hametag	R. F. a Germaniei	3,2	41,7	32,1	19,6	1,8	1,2	0,4	2,42	—
Fier H pentru piese	S.U.A.	—	1–5	30–35	30–35	30–35	30–35		1,6–2,3	—
Pyron	S.U.A.	—	urme	14,5	20,5	19,5	9,2	36,3	—	—
Electrolitic	—	—	6,1	17,5	25,0	10,0	24,6	16,8	2,83	27,1
APJM-A şi B	U.R.S.S.	0,5	6,5	25,5	26,1	20,0	6,2	15,2	—	—
MPJM-A şi B	U.R.S.S.	32,1	48,0	16,3		3,6			—	—
FREM-P-150	R. S. România	0,4	6,2	15,2	20,0	22,1	8,2	27,9	2,3	—

Procedeele de presare utilizate sînt reprezentate în fig. 11.4.

Maşinile pentru formare prin presare sînt:

— presele mecanice cu acţionare cu excentric, arbore cotit, mecanism cu articulaţii, came, care asigură o forţă pînă la 2500 kN, cu o productivitate mare (200—400 buc/min).

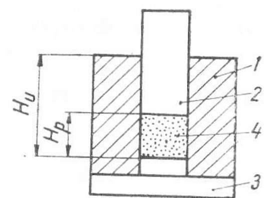


Fig. 11.2. Schema de presare unilaterală:

1 — matriţă; *2* — poanson; *3* — suport; *4* — corp presat.

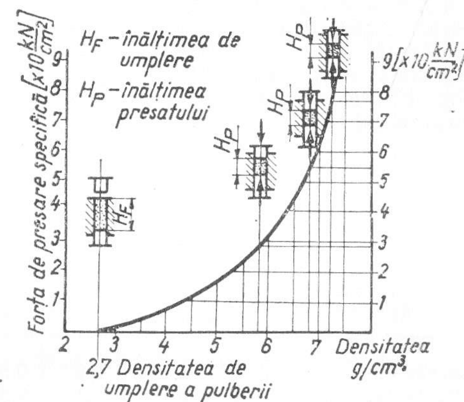


Fig. 11.3. Variaţia presiunii de compactizare în funcţie de densitate.

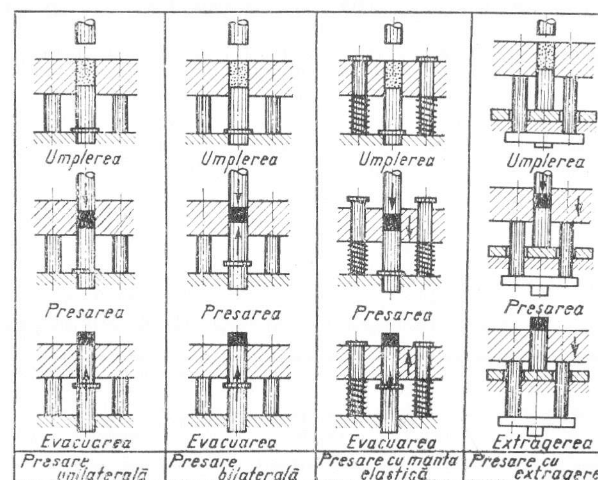


Fig. 11.4. Procedee de presare

— prese hidraulice cu forţe cuprinse între 1 000 şi 50 000 kN, realizînd curse lungi şi o viteză mică de presare; printr-o reglare judicioasă se obţine şi o productivitate acceptabilă, între 10—16 buc/min.

– prese mecano-hidraulice, caracterizate prin acţionarea hidraulică a poansonului superior şi mecanică a poansonului inferior; forţa acestor prese este de 1 000–1 500 kN şi productivitatea 6–18 buc/min.

În general, cu cît presa este mai complexă şi are mai multe posibilităţi de mişcare, cu atît construcţia matriţei care se adaptează la presă este mai simplă. Materialul, proiectarea şi prelucrarea părţilor active ale matriţelor influenţează în mod hotărîtor calitatea presatelor. Oţelurile cele mai uzuale pentru confecţionarea părţilor active ale matriţelor sînt: VM 18; MoCN 15; C 120-STAS 3611-66.

Durata de funcţionare a matriţelor depinde de pulberea utilizată la presare, de calitatea materialului matriţei şi de forma pieselor presate. În tabelul 11.4 sînt redate cîteva indicaţii în acest sens.

Tabelul 11.3

Compoziţia chimică a unor pulberi de fier

Denumirea pulberii (procedeul)	Compoziţia chimică, %							
	Fe (total)	C	O	Si	SiO_2	Mn	P	S
Häganäs I.	98,2	0,07	0,58	n.d.	0,24	n.d.	0,005	0,010
Häganäs II.	98	0,1	0,5	n.d.	0,2	n.d.	0,015	0,015
R.Z.	98,2	0,07	0,61	0,9	n·d.	0,08	0,040	0,025
Hametag	Nedeterminat	0,09	0,5	0,04	n.d.	0,31	0,024	0,03
Fier H pentru piese	98,8	0,02	0,63	n.d.	0,20	0,43	0,018	0,021
Pyron	98,25	0,02	0,8	n.d.	n.d.	0,035	0,012	0,005
Electrolitic	98,8	0,01	0,48	0,01	n.d.	0,04	0,004	0,005
APJM-A	98	0,10	n.d.	0,20	n.d.	0,50	0,02	0,020
APJM-B	96	0,20	n.d.	0,20	n.d.	0,50	0,02	0,020
FREM-P-150	98,2	0,08	0,8	0,20	n.d.	0,30	0,02	0,025

Observaţie. În tabel s-a notat n.d. = nedeterminat.

Tabelul 11.4

Durata de funcţionare a matriţelor în funcţie de pulberea presată

Materialul presatului	Durata matriţei (în mii bucăţi)		
	Piese de forme simple	Piese de formă mai puţin complicată	Piese de formă complicată
Materiale moi pe bază de cupru	40–50	23–30	20–25
Materiale pe bază de fier	30–35	20–25	12–15
Materiale dure	12–15	8–10	6–8

Matriţele uzate din oţel se pot recondiţiona prin cromare dură de maximum 0,05 mm. În legătură cu proiectarea formei produsului presat, indicaţii constructive se arată în fig. 11.5.

Tabelul 11.5

Proprietăţile produselor de fier. în funcţie de densitatea obţinută după presare

Densitatea aparentă ρ, g/cm³	Rezistenţa de rupere la tracţiune σ_r, daN/mm²	Alungirea δ %	Rezilienţa KCU³ daJ/cm²	Duritatea HRB F = 30 daN d = 2,5 mm
6,00	14,06	2	0,28	60
6,50	17,58	5	0,70	80
6,75	21,90	7	1,05	88
7,00	24,61	10	1,40	96
7,25	28,12	14	2,10	—
7,50	31,61	20	2,80	—

11.3.4. SINTERIZAREA SEMIFABRICATELOR PRESATE

Sinterizarea se realizează prin încălzirea semifabricatelor la o temperatură ce trebuie să fie superioară sau cel puţin egală cu temperatura de recristalizare, practic situîndu-se între 0,75–0,8 din temperatura absolută de topire a componentului principal.

Utilajele de sinterizare mai des folosite sînt diferite tipuri de cuptoare cu încălzire prin rezistenţă electrică, ca de exemplu: cuptoare tubulare cu trecere continuă, cu cameră, tip cupolă, cu clopot, cu vid, cuptoare cu vid şi încălzire prin inducţie, instalaţii de sinterizare CIF sau instalaţii de încălzire cu fascicul de electroni.

Structura poroasă a produselor sinterizate variază de obicei între 1–30%, în funcţie de porozitatea obţinută la operaţia de presare, precum şi de temperatura şi durata de sinterizare.

În timpul sinterizării, contracţia în direcţia presării este mai pronunţată decît perpendicular pe ea, din care motiv sînt mai greu de respectat dimensiunile pieselor în direcţia presării. Creşterea compactităţii influenţează hotărîtor toate proprietăţile mecanice ale corpurilor sinterizate (fig. 11.6).

Lungirea pieselor sinterizate variază mult în funcţie de densitate (fig. 11.7).

Proprietăţile de rezistenţă a pieselor sinterizate pe bază de fier sînt date în tabelul 11.5.

Greşit | Corect | Greşit | Corect

Nu se pot presa muchii exterioare rotunjite

Muchiile se vor teşi la 30°

Se vor evita colţurile ascuţite

Corpurile cilindrice cu axă longitudinală, perpendiculară pe direcţia presării nu sînt presabile

Muchiile exterioare se vor executa fără raze de racordare, cele interioare cu raze de racordare (mici)

Nu se pot executa degajări exterioare sau interioare perpendiculare pe direcţia presării

Se vor evita pereţi ai piesei cu grosimi sub 2 mm

Alezaje cu diametru sub 2mm se pot executa numai ulterior

Goluri conice nu se vor executa le la muchiile piesei

Nu se pot presa rotunjiri, degajări interioare, filete sau reduceri de dimensiuni (diametre) în trepte

La roţi dinţate cu butuc, între cercul de bază şi diametrul butucului trebuie prevăzut cel puţin 2 mm

Alezajele se vor plasa la cel puţin 2mm de muchii

Se vor înlocui cu profile suprafeţele striate şi cele asemănătoare acestora

Suprafeţele de limitare denivelate, orientate spre un contur circular, trebuie să se îndrepte spre centru

Goluri în flanşele pieselor se vor executa astfel încît să se evite contururi cu muchii ascuţite

Nu sînt posibile proeminente cilindrice perpendiculare pe direcţia presării

Fig. 11.5. Indicaţii constructive privind proiectarea formei presatului.

Variaţia modulului de elasticitate în funcţie de densitatea aparentă a presatelor din fier se arată în fig. 11.8. Modulul de elasticitate se poate calcula cu relaţia:

$$\frac{E_s}{E_t} = v^{3,5}, \qquad (11.3)$$

în care: E_s este modulul de elasticitate a presatului sinterizat; E_t — modulul de elasticitate al metalului compact; v — raportul dintre densitatea aparentă a presatului sinterizat şi a metalului compact. Principalii factori în procesul de sinterizare sînt redaţi în tabelul 11.6.

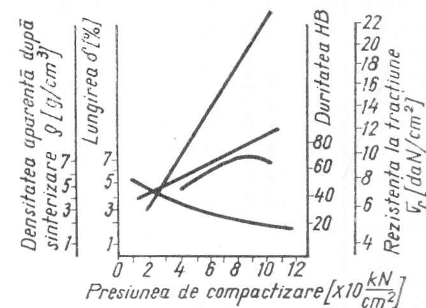


Fig. 11.6. Caracteristicile mecanice ale unei piese din fier sinterizate în funcţie de presiunea de compactizare.

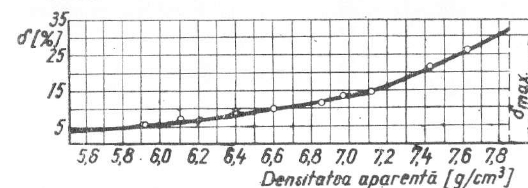


Fig. 11.7. Lungirea presatelor din fier în funcţie de densitatea aparentă

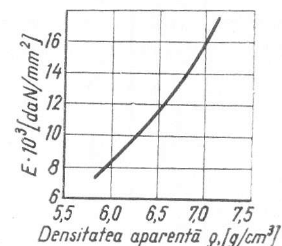


Fig. 11.8. Variaţia modulului de elasticitate în funcţie de densitatea aparentă la piese die fier sinterizat.

11.3.5. OPERAŢII SUPLIMENTARE ULTERIOARE

Calibrarea este folosită pentru obţinerea unei precizii dimensionale înalte, executată după sinterizare.

Compactizarea urmăreşte pe lîngă precizie dimensională şi mărirea densităţii produsului ceea ce duce la îmbunătăţirea proprietăţilor mecanice. Foarte des operaţiile de calibrare şi compactizare sînt asociate într-o singură operaţie.

Aşchierea produselor sinterizate este utilizată numai la produsele unicate sau de serie mică din două motive: preţul de cost creşte iar calitatea suprafeţei şi porozitatea sînt influenţate negativ. Pentru aşchierea în regim de îndesare (densitatea stratului superficial creşte) aplicat la aşchierea pieselor cu porozitate mare (25 ... 35%) se utilizează

Tabelul 11.6

Indicații practice privind sinterizarea

Materialul	Atmosfera de protecție	Temperatura de sinterizare, °C	Timpul de sinterizare, min	Observații
Fier și aliaje de fier	Amoniac disociat, gaz parțial ars	900–1 200	30–90	Pentru evitarea decarburării, $\frac{CO}{CO_2}$ trebuie să fie mic
Aliaje de bronz		700–870	15–25	—
Material de fricțiune		730–850	30–60	Sinterizarea și lipirea pe placa de oțel se face simultan
Materiale pentru contacte	H_2 amoniac disociat	900–1 200	10–25	—
Magneți permanenți	H_2	1 250–1 350	60–180	Din cauza aluminiului este nevoie de H_2 purificat și fără vapori de apă
Aliaje dure	H_2	1 350–1 600	45–120	Eventual se sinterizează în vid (TiC) sau prin presare la cald
Metale refractare: W, Mo, Ta, Nb	H_2(W, Mo) vid (Ta, Nb)	2 200–3 200	15–40	Barele de wolfram și molibden se presinterizează la temperaturi mai joase

parametrii: $v = 300$ m/min; $s = 0{,}03$ mm/rot.; $\hat{\gamma} = 15°$. În cazul așchierii fără îndesarea stratului superficial porii rămîn deschiși. Cele mai utilizate operații de așchiere sînt: strunjirea, alezarea și frezarea. Rectificarea suprafețelor de frecare este interzisă, deoarece granulele de carbură de siliciu intră în porii produsului sinterizat producînd degradarea suprafețelor de frecare. În general, se lucrează cu viteze mari (80–300 m/min) și avansuri mici (sub 0,03 mm/rot), răcirea făcîndu-se cu aer comprimat.

Tratamentele în întreaga masă, ce se aplică în special produselor mai puțin poroase, sînt: călirea și durificarea prin precipitare. Călirea aplicabilă materialelor fier-grafit, fier-cupru-grafit, cu structură perlitică, necesită carburarea materialelor sinterizate prin: călire cu încălzire și carburare în baie de săruri topite, carburarea prin împachetare în amestecuri solide, carburarea în timpul sinterizării, carburarea cu gaze și carbonitrurarea. Durificarea prin precipitare se aplică aliajelor fier-cupru-grafit.

Tratamentele de suprafață constau din călirea prin încălzire în băi cu săruri de carburare, cementare, cianurare și se aplică pieselor sinterizate compacte, rezistente la uzură. Cromarea de difuzie mărește duritatea, rezistența mecanică la uzură și la coroziune. Fosfatarea dă mare rezistență la uzură.

11.3.6. CONTROLUL PRODUSELOR SINTERIZATE

Proprietățile produselor sinterizate sînt specifice metodei de elaborare din care cauză și controlul produselor sinterizate se realizează prin încercări, determinări și analize adaptate evidențierii proprietăților specifice [1].

11.4. PRODUSE ALE METALURGIEI PULBERILOR

11.4.1. MATERIALE ANTIFRICȚIUNE POROASE

Lagăre poroase cu bază de fier. Caracteristica principală a lagărelor poroase produse prin metalurgia pulberilor este autoungerea datorită îmbibării cu ulei, care asigură în condiții mai ușoare de funcționare, formarea unui film permanent de ulei. Cantitatea de ulei debitat din pori depinde de încărcarea și viteza periferică a suprafețelor de alunecare, dar și de numărul și mărimea porilor și de felul uleiului. Lagărele autolubrifiante se caracterizează printr-un coeficient de frecare mic, prin proprietatea de a se roda ușor, printr-o rezistență bună la uzură și tendință redusă la gripare chiar dacă ungerea exterioară nu mai este asigurată. Lagărele cu bază de fier au rezistență la uzură de două ori mai mare ca cele de bronz și pot funcționa la temperaturi mai ridicate (300°C).

Unele proprietăți ale fierului sinterizat pentru lagăre poroase se arată în tabelul 11.7. Pentru lagărele poroase din fier fără ungere suplimentară, limita superioară de viteză este de circa 4 m/s, la încărcare de 5 daN/cm^2, iar limita superioară de încărcare de 60 daN/cm^2 la o viteză sub 0,5 m/s. În condiții mai grele (viteze peste 1,5 m/s), lagărele pot fi prevăzute cu ungere suplimentară, iar acolo unde solicitările mecanice sînt însoțite de solicitări termice, proprietățile se pot îmbunătăți cu lubrifiant solid.

Lagăre de bronz sinterizat. Materialul tipic pentru lagărele poroase este bronzul cu 10% Sn și o porozitate de circa 25%. Bronzul poros este indicat pentru lagărele la

Tabelul 11.7

Proprietăţile fierului sinterizat pentru lagăre poroase

Densitatea	58–60 g/cm³
Porozitatea	~ 25% din volum
Rezistenţa la tracţiune	7–10 daN/mm²
Alungirea δ_{10}	⩾ 20%
Rezistenţa la încovoiere	15–20 daN/mm²
Duritatea HB(5/125/30)	25–30 daN/mm²
Rezilienţa	≃ 0,3 j/cm²
Conductibilitatea termică între 20–100°C	≃ 0,46 j/cm · s · grd
Coeficientul liniar de dilatare termică între 20–100°C	≃ 12 · 10^{-6}/grd
Căldura specifică între 20–100°C	≃ 0,46 J/g · grd
Rezistenţa electrică specifică la 20°C	0,205 × 10^{-6} Ωm
Compoziţia chimică, %	C ~ 0,2; Si ⩽ 0,1 P ⩽ 0,003; Mn ~ 0,3 S ⩽ 0,06; Cu ~ 0,2

Tabelul 11.8

Proprietăţile lagărelor bronz-grafit şi fier-grafit autolubrifiante (porozitate 20–25%)

Caracteristici	Bronz-grafit	Fier-grafit
Densitatea aparentă ρ, g/cm³	60–68	6,5–6,7
Duritatea HB, daN/mm²	18–20	35–40
Rezistenţa la compresiune σ_c, daN/mm²	60–70	75–80
Rezistenţa la forfecare σ_f daN/mm²	10–12	20–25
Capacitatea de absorbţie, % din greutatea presei	2–3	2–3
Coeficientul de frecare la p = 20–25 daN/cm², v = 1,5–2 m/s	0,004–0,007	0,005–0,009
Coeficientul de dilatare liniar între 20–300°C/grad	12 × 10^{-6}–17 × × 10^{-6}	9 × 10^{-6}–10 × × 10^{-6}
Încărcarea maximă admisibilă la P_{max} [daN/cm²] şi v = 2 m/s	60–80	150–200
Temperatura maximă de regim, °C	60–80	100–120

care mediul este coroziv faţă de fier, unde se cere un mers fără zgomot, sau în cazul lagărelor de dimensiuni mici.

În cazul lagărelor de bronz, viteza maximă este 3 m/s la încărcarea de 1,5 daN/cm² şi încărcarea maximă de 30 daN/cm² la o viteză de 0,15 m/s (tabelul 11.8). În fig. 11.9 este dată încărcarea limită a lagărelor sinterizate din diferite materiale. Valorile coeficientului de frecare sînt cuprinse între 0,004–0,01 (fig. 11.10). Durata de funcţionare a lagărelor poroase este influenţată de mai mulţi factori aşa încît, valorile de durată sînt orientative. În condiţii normale durata atinge 3000–4000 h iar cu ungere suplimentară poate atinge durata de funcţionare 10000 h. La lagărele sinterizate se poate obţine în general un joc mai mic decît la cele compacte, atingînd valorile 0,05–0,25% din diametrul axului.

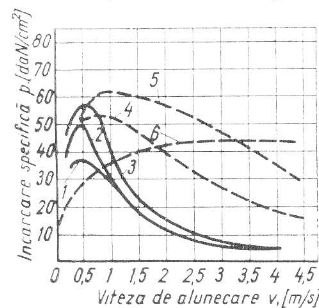


Fig. 11.9. Încărcarea limită a lagărelor sinterizate:

1 – bronz poros; 2 – fier-grafit; 3 – Fe-Cu-grafit; 4 – Fe-grafit (ungere fitil); 5 – Fe-grafit (ungere prin circulaţie); 6 – bronz compact (ungere prin presare)

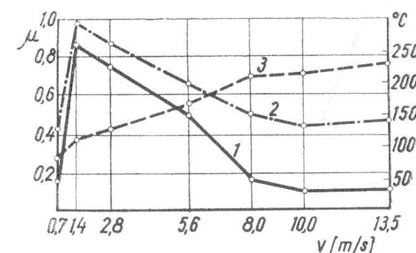


Fig. 11.10. Variaţia coeficientului de frecare, a uzurii şi a temperaturii în funcţie de viteza de alunecare.

11.4.2. PIESE DE REZISTENŢĂ ÎN CONSTRUCŢIA DE MAŞINI

Piese cu bază de fier. În general, la piesele de mare rezistenţă şi precizie ridicată, solicitate dinamic, se utilizează presiuni de compactizare mai mari de 6 kN/cm² şi tehnologii complexe, cuprinzînd eventual mai multe presări şi sinterizări, impregnare cu alt metal topit, calibrare, tratamente termice şi alte operaţii ulterioare. Exemple de cîteva sorturi de materiale feroase sinterizate pentru piese de maşini se dau în tabelul 11.9.

Tabelul 11.9

Proprietăţile unor materiale sinterizate pentru piese de maşini pe bază de fier

Materialul	Densitatea g/cm³	Rezistenţa la rupere daN/mm²	Alungirea δ_s, %	Rezistenţa la încovoiere daN/mm²	Duritatea HB daN/mm²
Fier nealiat sărac în carbon	6,5 7,2	18–22 24–28	12–8 20–15	42–48 50–56	55 58
Fier cu 2% Cu Fier sărac în carbon	6,5 6,8	20–24 28–32	6–4 7–5	40–46 56–62	75 100
Fier nealiat C ≈ 0,8%	6,8	33–43	4	66–82	110
Fier cu 5% Ni sărac în carbon	7,2	37–41	12–10	82–88	120
Fier cu 2% Cu 5% Ni şi 0,8%C	6,2 6,5 6,8	38–42 46–50 58–62	2 2 2	66–72 90–96 108–114	125 150 175

Materialele cu densitate pînă la 6 g/cm³ se obţin prin presare şi sinterizare simplă iar cele cu densitate mai mare prin dublă presare şi dublă sinterizare, atingînd rezistenţe ridicate.

Piese pe bază de metale neferoase. Bronzul sinterizat cu mică porozitate se utilizează pentru piese rezistente la coroziune, cu valori înalte pentru rezistenţă şi alungire, în special în industria electrotehnică, mecanică fină şi filtre pentru industria chimică (tabelul 11.10).

Tabelul 11.10

Proprietăţile unor materiale sinterizate pe bază de cupru

Materialul	Denstatea ρ, g/cm³	Rezistenţa la rupere daN/mm²	Alungirea δ_5, %	Duritatea HB daN/mm²
Bronz sintetizat cu 10% Sn şi pînă la 3% Zn	6,5 7,0 7,7	8 18 22	4 8 20	25 35 50
Alamă sinterizată cu 20% Zn şi pînă la 2% Pb	7,0 7,7	11 25	11 25	30 50
Alamă sinterizată cu 30% Zn şi pînă la 2% Pb	7,0 7,7	13 25	10 20	30 45
Alpaca sinterizată cu 67% Zn, 17% Ni şi restul Zn	7,2 8,0	14 30	7 12	40 75

Piesele de aluminiu sinterizat se utilizează în industria avioanelor, în construcţia de maşini şi în ultimul timp şi în tehnica nucleară.

11.4.3. FILTRE METALICE

În general materialele metalice sinterizate cu porozitatea mai mare de 30% din volum sînt utilizate pentru filtre. Proprietăţile de bază ale filtrelor metalice sînt: porozitatea deschisă, permeabilitatea şi secţiunea activă a porilor, (tabelul 11.11). Pentru filtre cu permeabilitate nu prea mare şi cu pori fini, după omogenizarea amestecului cu adaosul pentru porozitate (oxizi, carbonaţi sau oxalaţi) se presează cu presiuni mici 5—20 kN/cm² sau pulberea se varsă liber în forme ceramice, oxidice, pentru filtre cu permeabilitate mai mare. Sinterizarea se execută în general în două etape: o presinterizare la temperatură joasă urmată de o sinterizare finală la temperaturi înalte.

Filtrele metalice se execută din diferite metale şi aliaje în funcţie de destinaţie cum sînt: filtre de bronz (92% Cu, 8% Sn) cu porozitate de 50%, de nichel cu porozitate 38—90%, din oţel inoxidabil cu 18% Cr, 8% Ni sau 18% Cr şi 12% Ni utilizabile pînă la 550°C pentru: filtrarea gazelor, lichidelor, curăţirea carburanţilor şi lubrifianţilor etc.

Tabelul 11.11

Granulaţie medie şi utilizarea pulberilor sferice pentru filtre

Pulberea	Granulaţia medie, mm	Utilizarea
Fier carbonil Nichel carbonil	Sub 0,003	Filtre de permeabilitate foarte redusă şi mărime foarte fină a porilor
Fier, bronz, obţinute prin pulverizare din fază lichidă (DPG etc.)	Sub 0,06 0,06—0,1 0,1—0,2 0,2—0,3	Filtre de mică permeabilitate şi mărime fină a porilor Filtre de înaltă permeabilitate şi mărime medie a porilor
Fier, oţel nealiat şi aliat, nichel, bronz, alamă etc. obţinute prin măcinare din aşchii, sîrmă	0,2—0,3	Filtre de înaltă permeabilitate şi mărime medie a porilor
Bronz, alamă şi cupru obţinute prin topirea sîrmei cu arc electric sub apă	0,3—0,5 0,5—0,8	Filtre de foarte mare permeabilitate şi mărime mare şi foarte mare a porilor
Carburi de wolfram, titan etc. aglomerate prin sinterizare	0,06—0,2	Ca la pulberi de aceeaşi granulaţie

11.4.4. MATERIALE DE FRICŢIUNE

Se utilizează ca garnituri pentru frîne şi ambreiaje şi sînt elaborate pe bază de fier, cupru sau bronz care conţin pînă la 30% componenţi nemetalici (grafit, silice, alumină, azbest). Ele se folosesc sub formă de segmenţi, aplicate pe un suport din oţel (discuri, saboţi, benzi etc.) iar legătura se realizează prin îmbinare mecanică (nituire) sau prin aderenţă rezultată în timpul sinterizării.

În cazul materialelor fier-grafit, cu un conţinut de 5—20% grafit, sinterizarea trebuie astfel condusă încît pierderile de grafit să fie evitate şi produsul final să cuprindă cît mai mult carbon liber. Pentru aceasta se sinterizează la temperatură mai joase (750—960°C) într-un gaz neutru iar viteza de răcire se alege astfel încît partea de carbon dizolvată la sinterizare în soluţie solidă să se separe din nou elementar.

La utilizarea pentru discuri de ambreiaj, materialul este sinterizat pe table suport. Ca liant se utilizează un aliaj cu compoziţia eutecticului Fe-P-C sau pulbere de fier aliat cu fosfor. În industrie, utilizare mai mare au materialele de fricţiune pe bază de cupru, a căror compoziţie variază în felul următor: 60—85% Cu, 5—15% Pb, 5—10% Sn, 0—10% Fe, 4—8% grafit, 2—7% SiO_2, 0—10% azbest. Cel mai mult se utilizează procedeul sinterizării sub presiune, care permite sudarea stratului de material de fricţiune pe suportul de oţel chiar în timpul sinterizării. Se aplică o presiune de 10—12 daN/cm² utilizîndu-se un cuptor special de sinterizare sub presiune.

11.4.5. METALE REFRACTARE

Metalele a căror temperatură de topire depăşeşte pe cea a cromului (1875°C) se numesc metale refractare. Obţinerea metalelor refractare în formă compactă se realizează în metalurgia pulberilor prin topirea cu arc şi topirea cu fascicul de electroni. Cele mai utilizate metale refractare sînt: wolframul, molibdenul, titanul şi în ultimul timp tantalul, niobiul şi zirconiul. Neajunsul acestor materiale este că peste o anumită temperatură (600°C) se oxidează intens.

Pentru confecţionarea sîrmelor din wolfram, pulberea se presează în forme de bare cu secţiune pătrată care se presinterizează, apoi bara se sinterizează prin trecere directă a curentului într-un cuptor tip clopot la circa 3000°C, în vid. Urmează forjarea barei la temperaturi înalte (circa 1700°C) cu ciocane rotative şi trefilarea la cald sau la rece. Prelucrare similară necesită molibdenul şi tantalul.

Materialele refractare se mai elaborează din oxizi, carburi, nitruri, sulfuri, siliciuri, boruri şi alţi compuşi refractari. Actualmente metalele refractare se folosesc pentru: table pentru aviaţie, motoare cu reacţie, turbine cu gaz etc., piese masive forjate din molibden, tantal şi wolfram, în special pentru rachete şi motoare cu combustibil solid, elemente de încălzire din molibden şi wolfram pentru cuptoarele electrice.

11.4.6. ALIAJE DURE

Unele din cele mai importante produse ale metalurgiei pulberilor sînt aliajele dure sinterizate (tabelul 11.12). Ele sînt constituite din grăunţi foarte duri de carburi, aglomeraţi de către un liant obişnuit, cobaltul.

Tabelul 11.12

Compoziţia şi proprietăţile aliajelor dure (WC-TiC-Co)

Compoziţia, %			Densitatea g/cm³	Duritatea		Rezistenţa la încovoiere σ_{ri}, daN/mm²
WC	TiC	Co		HRA	HV	
94	1	5	14,5–14,7	90–91	1 500–1 600	140–160
87,5	2,5	10	14,0–14,2	89–90	1 400–1 500	160–180
84,5	2,5	13	13,7–13,8	87–89	1 300–1 400	180–196
86	5	9	13,2–13,4	89–91	1 450–1 550	150–160
82	5	13	12,8–13,0	88–90	1 350–1 450	160–180
82	10	8	11,8–12,0	90–91	1 500–1 600	150–170
78	14	8	11,1–11,3	90–91	1 550–1 650	130–140
78	16	6	11,0–11,2	90–91,5	1 600–1 700	110–125
76	16	8	10,9–11,1	90–91	1 550–1 650	120–130
69	25	6	9,6–9,8	91–92	1 650–1 750	90–110
61	32	7	8,7–9,0	92–93	1 650–1 750	80–100
34	60	6	6,5–6.8	92–93	1 750–1 850	70–80

După amestecul intim, pulberile de carburi şi de cobalt, la care se adaugă un plastifiant provizoriu, se presează în matriţe din oţel sau din aliaje dure cu presiunea de 10–40 kN/cm², obţinîndu-se semifabricate în formă de blocuri mari sau plăcuţe de formă

definitivă. Se efectuează apoi o presinterizare la 900–1150°C, în atmosferă reducătoare sau în vid. Ele se taie cu procedee speciale în plăcuţe care se sinterizează definitiv în atmosferă de hidrogen sau vid la temperatura de 1400–1500°C în funcţie de compoziţia aliajelor. Peste 70% din aliajele dure se utilizează pentru scule de aşchiere.

Piesele supuse la uzură puternică, pentru care se utilizează aliajele dure sînt: filiere de trefilare, matriţe şi poansoane pentru presare, matriţe de ambutisare, extrudare, laminoare (cilindrii) pentru benzi fine, instrumente de măsură (verificatoare, calibre, filete de măsură etc.), tuburi în industria chimică, duze pentru sablaj etc.

BIBLIOGRAFIE

1. DOMŞA, A. *Tehnologia fabricării pieselor din pulberi metalice*. Bucureşti, Editura tehnică, 1966.
2. FEDORCENKO, I. ANDRIEVSKI, R.A. *Osnovi proşkovoi metallurghii*. Kiev, Akad. Nauk SSSR, 1962.
3. LĂBUŞCĂ, E. *Introducere în metalurgia pulberilor*. Bucureşti, Editura Academiei RSR, 1957.
4. LESZINSKI, u. *Powder Metallurgy*. New-York 1961.
5. RAKOVSKI, V.S., SAKLINSKI, V.V. *Poroşkovaia metallurghia v maşinostroienii*. Moskva, Maşghiz, 1963.

12. PRELUCRAREA MATERIALELOR METALICE PRIN AŞCHIERE

12.1. ELEMENTE DE TEORIA AŞCHIERII METALELOR ŞI CONSTRUCŢIA SCULELOR AŞCHIETOARE

12.1.1. PARAMETRII PROCESULUI DE AŞCHIERE ŞI AI SCULEI AŞCHIETOARE

12.1.1.1. FACTORII PROCESULUI DE AŞCHIERE. Procesul de aşchiere constă din detaşarea, sub formă de aşchii, a unui strat de material, cu ajutorul unei scule aşchietoare. Intervin: *materialul piesei* prelucrate, *scula* inclusă în *sistemul tehnologic* maşină-unealtă-dispozitiv-sculă-piesă (M-D-S-P), *mediul*, (de exemplu fluidul de aşchiere).

12.1.1.2. CINEMATICA AŞCHIERII. În deplasarea relativă între sculă şi piesă, se distinge: *mişcarea principală* (care concură la ridicarea aşchiei) şi *mişcarea secundară, de avans* (pot exista una sau mai multe).

Mişcarea principală se execută cu *viteza principală* v, m/min sau m/s; mişcarea secundară de avans se execută cu *viteze de avans* $w = n \cdot s$ [mm/min]; din compunerea acestora rezultă *viteza de aşchiere* u, care determină *direcţia de aşchiere*, tangentă la traiectoria descrisă de punctul respectiv.

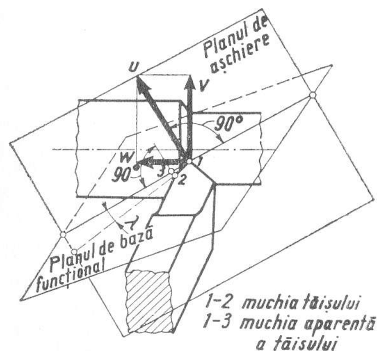


Fig. 12.1. Planele de referinţă la strunjire: *1 — 2* — muchia tăişului; *1 — 3* — muchia aparentă a tăişului

12.1.1.3. SISTEME DE REFERINŢĂ. Viteza de aşchiere u şi tangenta la muchia tăişului sculei, într-un punct al acesteia, determină un plan imaginar numit *plan de aşchiere* (fig. 12.1).

Planul normal pe direcţia de aşchiere, în punctul considerat, va fi *planul de bază funcţional*. Acesta determină *sistemul de referinţă funcţional Oxyz* (în care *Oxy* corespunde planului de bază funcţional, iar *Oz* este îndreptat către sensul mişcării relative a sculei faţă de piesă). *Parametrii geometrici funcţionali* ai sculei aşchietoare se consideră în raport cu sistemul funcţional.

Deoarece scula aşchietoare se consideră şi singular, în afara procesului de aşchiere, se defineşte *sistemul de referinţă constructiv*, luat faţă de sculă. În acest caz, corespunzător planului de bază funcţional, va exista un *plan de bază constructiv*, definit, în cazul sculei generalizate (fig. 12.8) de axa de rotaţie a sculei şi punctul considerat pe tăiş — care, pentru simplificare, *practic* [34] se poate lua vîrful tăişului. În raport cu sistemul de referinţă constructiv, se definesc *parametrii geometrici constructivi* ai sculei.

12.1.1.4. GEOMETRIA SCULEI AŞCHIETOARE ELEMENTARE. Diferitele scule aşchietoare sînt constituite din una sau mai multe scule elementare (fig. 12.5).

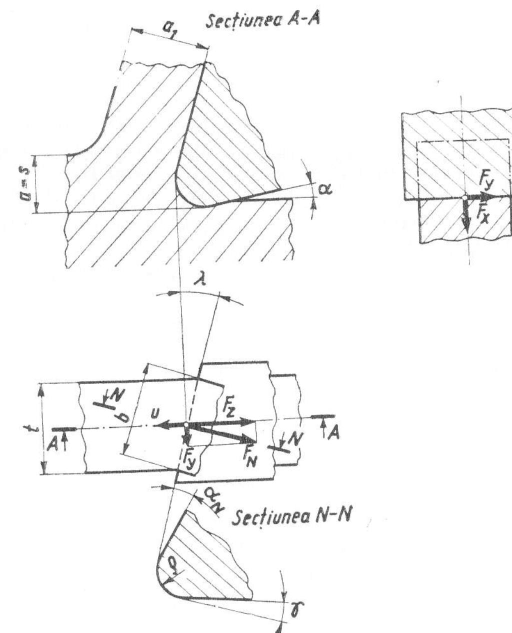


Fig. 12.2. Aşchierea înclinată liberă

Scula elementară este un cuţit (cuţitul elementar), cu un singur tăiş, la care se disting (fig. 12.2):

Faţa de degajare — faţa sculei pe care se ridică aşchia.

Faţa de aşezare — faţa sculei pe care are loc frecarea între materialul prelucrat şi sculă.

Muchia tăişului sculei — linie (matematică) de intersecţie dintre faţa de degajare şi faţa de aşezare, iar *tăişul sculei* — unghiul solid material din jurul acesteia.

Raza de ascuţire [38] ρ — raza de racordare a intersecţiei dintre faţa de degajare şi faţa de aşezare.

Unghiul de degajare funcţional γ^* — unghiul dintre planul de bază funcţional şi planul tangent la faţa de degajare din punctul respectiv, măsurat într-un plan secant normal la tangenta dusă la muchia tăişului (aşchia deplasîndu-se, în general, normal la tăiş).

Unghiul γ^* se consideră pozitiv dacă muchia tăişului principal precede faţa de degajare în sensul vitezei de aşchiere şi negativ — în sens contrar.

În cazul prelucrării materialelor dure ($\sigma_r > 80$ daN/mm^2), se utilizează un *unghi de degajare negativ* — care face ca vîrful sculei să fie solicitat la compresiune; de asemenea în cazul aşchierii rapide.

Pentru a combina avantajele unghiurilor de degajare pozitiv şi negativ, se prevede o faţă de degajare dublă.

Unghiul de aşezare funcţional α^* — unghiul cuprins între planul de aşchiere şi planul tangent la faţa de aşezare în punctul considerat, măsurat într-un plan secant normal la planul de aşchiere conţinînd tangenta la traiectorie.

Unghiul de aşchiere funcţional δ^* — unghiul dintre planul tangent la faţa de degajare şi planul de aşchiere, măsurat în acelaşi plan secant ca şi unghiul de degajare funcţional.

Unghiul de înclinare funcţional λ^* — unghiul dintre direcţia tangentei la muchia tăişului şi planul de bază funcţional, măsurat în planul de aşchiere.

Unghiul de degajare constructiv γ — unghiul dintre planul de bază constructiv şi planul tangent la faţa de degajare din punctul respectiv, măsurat într-un plan secant normal la tangenta dusă la muchia tăişului.

Unghiul de aşezare constructiv α — unghiul cuprins între planul tangent la faţa de aşezare din punctul respectiv şi un plan determinat de tangenta la muchia tăişului şi direcţia axei *Oz*, măsurat într-un plan normal la cel de-al doilea plan considerat.

Unghiul de aşchiere constructiv δ — unghiul cuprins între planul tangent la faţa de degajare din punctul respectiv şi un plan determinat de tangenta la muchia tăişului şi direcţia axei *Oz*, măsurat în acelaşi plan ca şi γ.

Unghiul de ascuţire β — unghiul cuprins între faţa de degajare şi faţa de aşezare, măsurat într-un plan secant normal la muchia tăişului sculei.

Unghiul de înclinare constructiv λ — unghiul dintre direcţia tangentei la muchia tăişului şi planul de bază constructiv, măsurat într-un plan normal pe acesta din urmă.

Cînd dimensiunile piesei prelucrate sînt mari, sculele aşchietoare sînt prevăzute cu un *tăiş principal* şi *1—2 tăişuri secundare*. Se deosebesc (fig. 12.3):

Unghiul de atac principal funcţional $\varkappa^*$ — unghiul dintre direcţia tangentei la muchia tăişului principal în punctul considerat şi direcţia avansului rezultant.

Unghiul de atac secundar funcţional $\varkappa_1^*$ — unghiul dintre direcţia tangentei la muchia tăişului secundar în punctul considerat şi direcţia avansului rezultant.

Obs. Unghiurile de atac principal şi atac secundar se numesc *unghiuri de poziţie*.

Muchia aparentă a tăişului — proiecţia muchiei tăişului pe planul de bază constructiv (numită şi *profilul tăişului*).

Unghiul vîrfului tăişului ε (fig. 12.6) — unghiul cuprins între cele două muchii aparente ale tăişului principal şi secundar.

Unghiul direcţiei tăişului principal ψ — unghiul dintre direcţia aparentă a tăişului principal şi proiecţia axei principale longitudinale a sculei, pe planul de bază constructiv.

Unghiul direcţiei tăişului secundar ψ_1 — unghiul dintre direcţia aparentă a tăişului secundar şi proiecţia axei principale longitudinale a sculei, pe planul de bază constructiv.

Unghiul de atac principal (constructiv) $\varkappa$ este complimentul unghiului direcţiei tăişului principal ψ.

Unghiul de atac secundar (constructiv) $\varkappa_1$ este complimentul unghiului direcţiei tăişului secundar ψ_1.

Unghiurile de atac (constructive) $\varkappa$ şi $\varkappa_1$ se numesc şi *unghiuri în plan*.

Tăişul de trecere sau rotunjirea cu *raza de racordare* r — racordarea dintre tăişul principal aparent şi tăişul secundar aparent (fig. 12.4).

Unghiul de atac al tăişului de trecere (constructiv) $\varkappa_0$ este complementul unghiului direcţiei tăişului de trecere ψ_0.

Unghiul de înclinare pozitiv ($\lambda > 0$) — cînd vîrful tăişului precede muchia tăişului, în sensul de aşchiere.

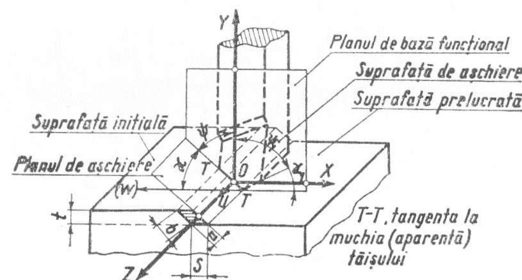


Fig. 12.3. Prelucrarea suprafeţei plane, în mai multe treceri (cicluri)

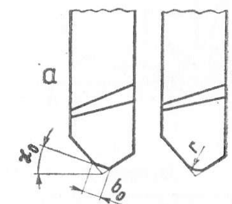


Fig. 12.4. Forma vîrfului sculei aşchietoare:
a — tăiş de trecere; *b* — raza de racordare; b_0 — lăţimea tăişului de trecere

Unghiul de înclinare negativ ($\lambda < 0$) — cînd muchia tăişului precede vîrful tăişului, în sensul de aşchiere.

12.1.1.5. GEOMETRIA AŞCHIEI. *Adaosul de prelucrare* este stratul de material care se îndepărtează de pe toată întinderea suprafeţei prelucrate, dintr-o trecere sau din mai multe treceri.

Adîncimea de aşchiere t — dimensiunea adaosului de prelucrare ridicat la o singură trecere (fig. 12.3 şi 12.6); în cazul frezării (fig. 12.5) şi în cazul rectificării: pătrunderea principală a sculei, măsurată în planul de bază funcţional sau într-un plan axial al frezei se numeşte *adîncimea de aşchiere* t iar pătrunderea sculei măsurată într-un plan normal pe planul de bază funcţional sau în planul transversal al frezei se numeşte *lăţimea de aşchiere* t_l.

Secțiunea nominală a așchiei — secțiunea așchiei cuprinsă în planul de bază funcțional (fig. 12.6).

Grosimea nominală a așchiei a ($a = s \sin \varkappa$).

Lățimea nominală b, ($b = t/\sin \varkappa$).

Obișnuit $a < b$ (secțiune *înaltă*, directă); mai rar $a > b$ (secțiune *joasă*, inversă).

Grosimea așchiei a_1 — grosimea așchiei ridicate (fig. 12.2).

Lățimea așchiei b_1 — lățimea așchiei ridicate.

Aria secțiunii așchiei este $q_1 = a_1 \cdot b_1$.

Forma secțiunii așchiei (zveltețea) este b/a; b_1/a_1.

Secțiunea așchiei efective este secțiunea de așchie ridicată efectiv de sculă (fig. 12.6).

Secțiunea așchiei rămase este diferența dintre secțiunea nominală a așchiei și secțiunea efectivă a acesteia.

12.1.1.6. GENERALIZAREA SCULEI AȘCHIETOARE [39]. Din unirea a două sau mai multe cuțite elementare, care constituie tăișul principal și tăișurile secundare, se pot obține diversele scule așchietoare (fig. 12.7).

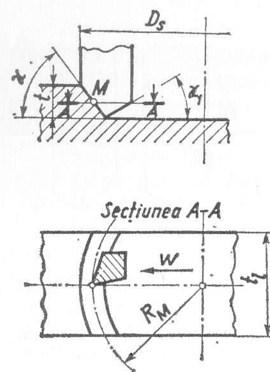


Fig. 12.5. Frezarea frontală:
t — adîncimea de trecere; t_l — lățimea de așchiere

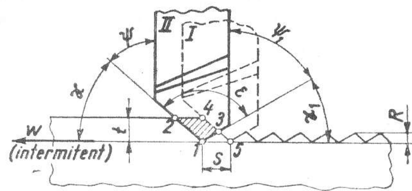


Fig. 12.6. Secțiunile așchiei:
1—2—4—5 secțiunea nominală; *1—2—4—3* secțiunea efectivă; *1—3—5* — secțiunea rămasă

Se poate considera o sculă generalizată, abstractă, a cărei particularizare permite găsirea diferitelor scule așchietoare clasice sau găsirea de noi scule, încă neabordate. O astfel de sculă poate fi, de exemplu, *capul portcuțite* (fig. 12.8), cu i rînduri de cuțite, fiecare cu cîte z_i cuțite [39].

Mișcarea principală poate fi (caz simplificat [39]):

— mișcarea de rotație a capului portcuțite, cu viteza principală v_s (fig. 12.9);

— mișcarea de rotație a semifabricatului, cu viteza principală v_p (fig. 12.9).

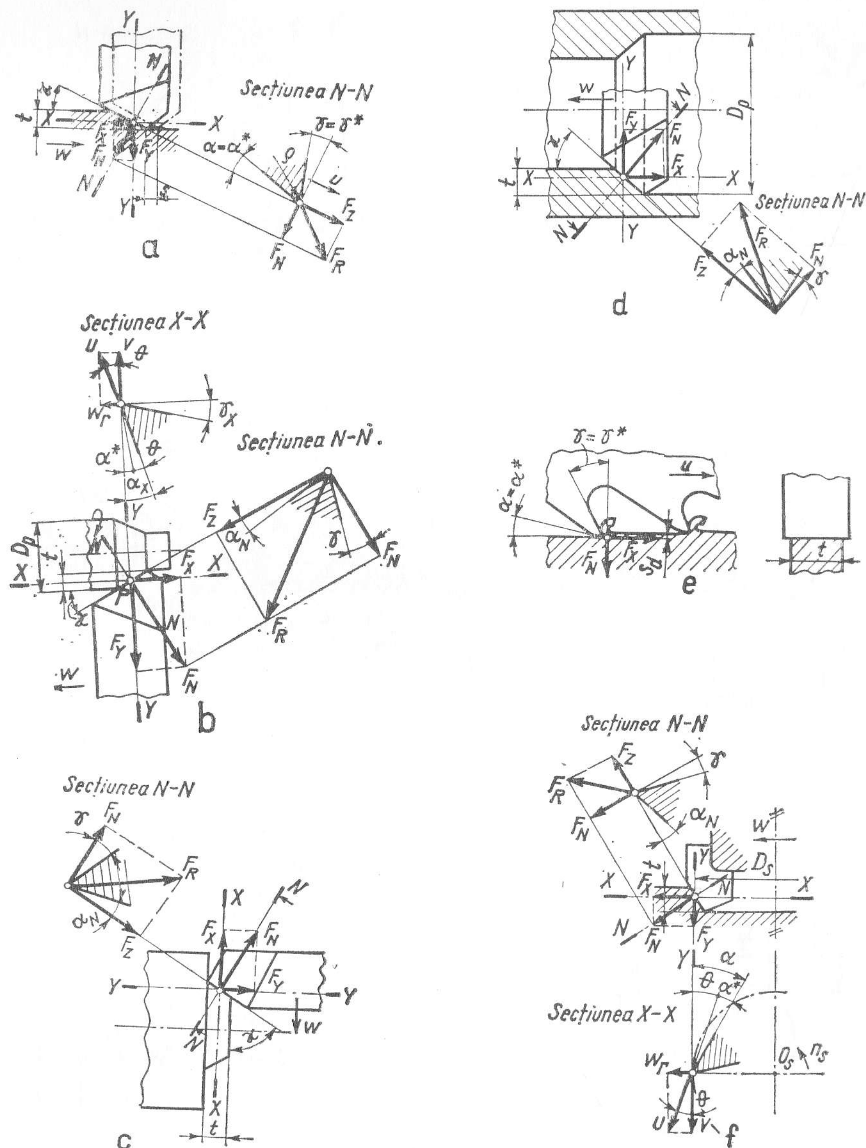


Fig. 12.7. Constituirea sculei așchietoare din cuțite elementare:
a — cuțitul de rabotat; *b* — cuțitul de strung la strunjirea longitudinală; *c* — cuțitul de strung la strunjirea transversală; *d* — cuțitul de strung la strunjirea interioară; *e* — broșarea; *f* — frezarea frontală;

Fig. 12.7 (continuare)

g — frezarea cilindrică; h — frezare circulară cilindrică; i — frezarea circulară frontală; j — burghiu cu canale elicoidale; k — lărgitor; l — sculă de lamat; m — tarodarea

Fig. 12.8. Sculă generalizată (cap portcuțite).

Mişcarea de avans poate fi:

— deplasarea rectilinie radială, cu viteza de avans w_r (fig. 12.9);

— deplasarea rectilinie axială, cu viteza de avans w_a (fig. 12.10), sau alte deplasări.

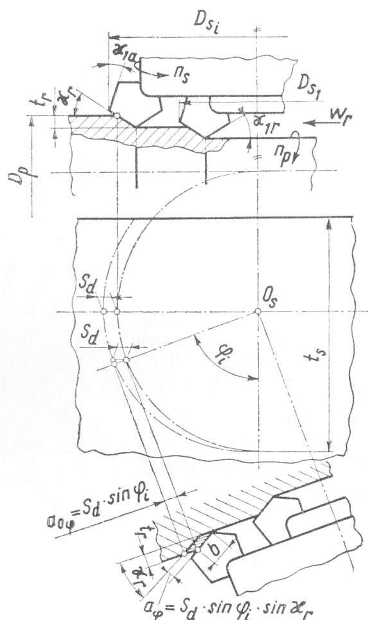


Fig. 12.9. Sculă generalizată, cu avans radial.

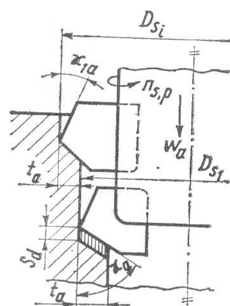


Fig. 12.10. Sculă generalizată, cu avans axial.

Particularizarea sculei generalizate:

— $v_s \neq 0$ $(v_p = 0)$, $w_a \neq 0$ $(w_r = 0)$, $i > 1$, $z_i > 1$ — *tarod*;

— $v_p \neq 0$ $(v_s = 0)$, $w_r \neq 0$ $(w_a = 0)$, $i \geqslant 1$, $z_i \geqslant 1$ — *filieră*;

— $v_s \neq 0$ $(v_p = 0)$, $w_a \neq 0$ $(w_r = 0)$, $i = 1$, $z_1 > 1$ — *alezor, sculă de lamat, lărgitor* sau, pentru $z_1 = 2$, — *burghiu*;

— $v_s \neq 0$ $(v_p = 0)$, $w_r \neq 0$ $(w_a = 0)$, $i \geqslant 1$, $z_i \geqslant 1$ — *freză*;

— $v_p \neq 0$ $(v_s = 0)$, $w_r \neq 0$ $(w_a = 0)$, $i = 1$, $z_1 = 1$ — *cuţit pentru strunjire longitudinală* sau pentru $i > 1$ — cuţit multiplu; în aceleaşi condiţii, dar $w_a \neq 0$ $(w_r = 0)$ — *cuţitul pentru strunjire transversală*;

— v_s(rectilinie) $\neq 0$ $(v_p = 0)$, $w_a \neq 0$ $(w_r = 0)$, $D_s = \infty$; $i > 1$, $z_i = 1$ — *broşa*; pentru $i = 1$, $z_1 = 1$ — *cuţit de rabotat* respectiv *cuţit de mortezat*.

Printr-o particularizare diferită, se pot obţine şi alte scule aşchietoare (broşe circulare, scule combinate etc.).

12.1.1.7. FORŢE, PUTERI. Pentru un cuţit constitutiv (cuţitul elementar) al unei scule, apar următoarele forţe componente (fig. 12.2): F_z — forţa principală de aşchiere, F_N — forţa normală de aşchiere; ultima se descompune în F_x — forţa de avans $(F_x = k_xF_z)$, F_y — forţa de respingere $(F_y = k_yF_z)$.

Ca urmare, forţa totală de aşchiere are valoarea

$$F_R = \sqrt{F_z^2 + F_x^2 + F_y^2} = F_z\sqrt{1 + k_x^2 + k_y^2} \approx 1{,}1\ F_z \quad [\text{daN}]. \tag{12.1}$$

Forţa totală necesară avansului va fi

$$F_s = F_x + \mu(F_z + F_y) = F_z[k_x + \mu(1 + k_y)] = k_sF_z \quad [\text{daN}], \tag{12.2}$$

în care $k_s = k_x + \mu(1 + k_y)$, iar μ — coeficientul de frecare $(\mu \approx 0{,}1)$.

Puterea necesară avansului:

$$P_s = F_sw/(1\,000 \cdot 60 \cdot 100) = [F_x + \mu(F_z + F_y)]w/(6 \cdot 10^6) \quad [\text{kW}]. \tag{12.3}$$

Puterea necesară aşchierii:

$$P = F_zv/(60 \cdot 100) + [F_x + \mu(F_z + F_y)]\ w/(1\,000 \cdot 60 \cdot 100) + F_y \cdot 0/(60 \cdot 100) \approx$$

$$\approx F_zv/6\,000\ [\text{kW}]. \tag{12.4}$$

Momentul necesar aşchierii:

$$M = 974\ P/n\ [\text{daN} \cdot \text{m}] \approx F_zD_{s,p}/2\,000\ [\text{daN} \cdot \text{m}]. \quad (12.5$$

12.1.2. FORMA AŞCHIEI

În funcţie de materialul aşchiat, parametrii aşchierii, geometria sculei şi fluidul de aşchiere, aşchia ridicată va avea diferite forme:

— aşchia produsă prin deformare plastică, care, după gradul de deformare poate fi: *aşchie formată din grupe de elemente* (fig. 12.11, *a*), *aşchie în trepte* (fig. 12.11, *b*), *aşchie de curgere* (fig. 12.11, *c*);

— *aşchie de rupere*, în cazul materialelor în stare fragilă (fig. 12.11, *d*).

12.1.3. COMPRIMAREA PLASTICĂ A AŞCHIEI

În funcţie de condiţiile de aşchiere, are loc o scurtare respectiv o îngroşare şi lăţire a aşchiei. Rapoartele $k_l = l/l_1$, $k_a = a_1/a$ şi $k_b = b_1/b$ (în care l şi l_1 este lungimea nominală respectiv reală a aşchiei) definesc coeficientul de comprimare plastică (contracţie) a aşchiei, coeficientul de îngroşare a aşchiei şi coeficientul de lăţire a aşchiei.

12.1.4. DEPUNERILE PE TĂIŞ

În cazul aşchierii oţelurilor reziliente, mai ales la prelucrarea interioară, în prezenţa unei geometrii necorespunzătoare a sculei sau sculei uzate, calitate nesatisfăcătoare a feţelor sculei, fluidul de aşchiere necorespunzător, cînd coeficientul de frecare este mare etc., apar depuneri pe tăişul sculei.

Depunerile pe tăiş se formează la o anumită viteză de aşchiere. I. M. Besprozvannîi a constatat că în cazul strunjirii unui oţel $\sigma_r = 41$ daN/mm^2 (luînd $\gamma = 15°$, $t = 2{,}5$ mm,

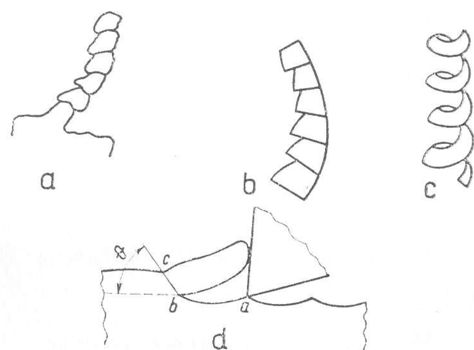


Fig. 12.11. Diferite forme de aşchii:

a — aşchie din grupe de elemente; *b* — aşchie în trepte; *c* — aşchie de curgere; *d* — formarea aşchiei la materiale în stare fragilă

$s = 0{,}33$ mm/rot), apar patru zone în legătură cu formarea adaosului pe tăiş: $v \leqslant 5$m/min (lipsă depuneri), $v = 7 \ldots 25$ m/min (apar depuneri), $v = 25 \ldots 80$ m/min (apar depuneri care cad pe suprafaţa prelucrată), $v > 200$ m/min (depunerile sînt antrenate de aşchie).

12.1.5. FENOMENE SUB LINIA DE AŞCHIERE

În stratul superficial al materialului prelucrat, are loc o deformare plastică însoţită de doi factori contradictorii: ecruisare şi temperatură. În general, temperatura produsă nu depăşeşte temperatura de recristalizare, iar durata de încălzire este mică, astfel că predominantă este ecruisarea; în cazul vitezei de aşchiere mare şi în prezenţa unui unghi de degajare negativ, temperatura poate atinge valori înalte, acţiunea de ecruisare fiind micşorată. Încălzirea superficială intensă, pe lîngă variaţiile termice volumetrice ale metalului, este însoţită şi de transformări de fază, legate, la rîndul lor, de variaţiile volumelor diferitelor straturi superficiale, ceea ce face să apară tensiuni.

Calitatea suprafeţei prelucrate, sub aspectul fizic şi geometric, are o mare importanţă asupra rezistenţei la oboseală [51, vol. III, p. 713—738].

12.1.6. DINAMICA PROCESULUI DE AŞCHIERE

12.1.6.1. DINAMICA AŞCHIERII ÎN CAZUL SCULEI ELEMENTARE. V. D Kuzneţov a stabilit, pentru forţa principală de aşchiere, expresia (completată)

$$F_z = C_{Fz} t^{x_{Fz}} s^{y_{Fz}} k_z \text{ [daN]}, \tag{12.6}$$

relaţie aproximativă (de aceeaşi formă cu formula găsită experimental de Taylor), care arată că forţa de aşchiere depinde de aria secţiunii aşchiei (ts) şi de forma secţiunii aşchiei (t/s); influenţa restului condiţiilor este cuprinsă în factorul k_z. Analog:

$$F_x = C_{Fx} t^{x_{Fx}} s^{y_{Fx}} k_x, \tag{12.7}$$

$$F_y = C_{Fy} t^{x_{Fy}} s^{y_{Fy}}. \tag{12.8}$$

Raportul acestora depinde de unghiul $\varkappa$ (fig. 12.8). Cînd $\varkappa = 90°$, practic $F_y = 0$ (important pentru piese insuficient de rigide).

În practică se consideră, în multe cazuri, apăsarea specifică de aşchiere: $p = F_z/q$ [daN/mm^2].

12.1.6.2. DINAMICA AŞCHIERII ÎN CAZUL SCULEI GENERALIZATE Considerîndu-se pentru scula generalizată avansul după direcţia radială respectiv axială, se găseşte relaţia generalizată [39]

$$F_z = C_{Fz} D_{s\,med}^{q_{Fz}} s_d^{x_{Fz}} t^{y_{Fz}} t_l^{q_{Fz}} z \cdot i k_z \text{ [daN]}, \tag{12.9}$$

în care $D_{s\,med}$ este diametrul mediu al sculei.

Relaţia este valabilă pentru determinarea forţei principale de aşchiere pentru toate sculele aşchietoare. În cazul cînd una dintre mărimile s_d, t, t_l, z, i sau $D_{s\,med}$ nu participă în cazul sculei respective, exponentul acelei mărimi se ia egal cu zero. De exemplu, pentru rabotare, mortezare şi strunjire cu un singur cuţit:

$$F_z = C_{Fz} s^{x_{Fz}} t^{y_{Fz}} k_z. \tag{12.10}$$

Pentru broşare, (în care b este lăţimea aşchiei ridicate):

$$F_z C_{Fz} s_d^{x_{Fz}} b^{y_{Fz}} z k_z \tag{12.11}$$

în care z este numărul de dinţi ai broşei în contact cu materialul prelucrat.

În cazul frezării (cu un singur rînd de dinţi):

$$F_z = C_{Fz} D_s^{q_{Fz}} s_d^{x_{Fz}} t^{y_{Fz}} t_l^{q_{Fz}} z k_z. \tag{12.12}$$

La burghiere:

$$F_z = C_{Fz} D_s^{q_{Fz}} s^{x_{Fz}} k_z. \tag{12.13}$$

Momentul necesar burghierii:

$$M = C_M D_s^{q_M} s^{x_M} k_M. \tag{12.14}$$

Forţa axială este de forma $F_x = k_{Fx} \cdot F_z$, deci

$$F_x = C_{Fx} D_s^{q_{Fx}} s^{x_{Fx}} k_x. \tag{12.15}$$

La lărgire şi alezare:

$$F_z = C_{Fz} D_s^{q_{Fz}} s^{x_{Fz}} t^{y_{Fz}} z^{u_{Fz}} k_z. \tag{12.16}$$

Momentul necesar aşchierii:

$$M = C_M D_s^{q_M} s^{x_M} t^{y_M} z^{u_M} k_M. \tag{12.17}$$

La tarodare şi prelucrarea cu filiera:

$$F_z = C_{Fz} D^{q_{Fz}} p^{x_{Fz}} z^{u_{Fz}} l_a k_z, \tag{12.18}$$

iar momentul necesar,

$$M = C_M D^{q_M} p^{x_M} z^{u_M} l_a k_M, \tag{12.19}$$

unde l_a este lungimea conului de atac.

Literatura de specialitate dă o relaţie simplificată [52, p. 491]:

$$M = C_M D^{q_M} p^{x_M} k_M. \tag{12.20}$$

În cazul forţelor de avans şi respingere, se poate lua pentru scula generalizată $F_x = k_x \cdot F_z$ şi $F_y = k_y \cdot F_z$, adică

$$F_x = C_{Fx} D_{s\,med}^{q_{Fx}} s_d^{x_{Fx}} t^{y_{Fx}} t_l^{g_{Fx}} z i k_x \quad [\text{daN}], \tag{12.21}$$

$$F_y = C_{Fy} D_{s\,med}^{q_{Fy}} s_d^{x_{Fy}} t^{y_{Fy}} t_l^{g_{Fy}} z i k_y \quad [\text{daN}]. \tag{12.22}$$

12.1.6.3. INFLUENŢA DIFERIŢILOR FACTORI ASUPRA FORŢELOR DE AŞCHIERE Factorul k_z (şi la fel k_x şi k_y) poate fi scris sub forma:

$$k_z = k_{CF} k_{MFz} k_{\varkappa Fz} k_{\gamma Fz} k_{hFz} k_{wFz} k_{rFz} k_{vFz}, \tag{12.23}$$

unde k_{CF} este un factor ce ţine seama de starea şi de grupa materialului prelucrat, k_{MFz} — factor în legătură cu proprietăţile mecanice ale materialului piesei, iar restul coeficienţilor — factori care iau în considerare influenţa unghiului de atac principal ($k_{\varkappa Fz}$), unghiul de degajare ($k_{\gamma Fz}$), uzura (k_{hFz}), fluidul de aşchiere (k_{wFz}), raza de rotunjire (k_{rFz}), viteza de aşchiere (k_{vFz}) etc.

Materialul de prelucrat influenţează asupra mărimii forţelor de aşchiere. Datorită, lipsei de date suficiente, se utilizează încă pentru oţel relaţii de forma $F_z = C_1 \sigma_r^{n_{Fz}}$,

iar pentru fontă, $F_z = C_2(HB)^{0,55}$. Pe baza acestor formule, forţa de aşchiere se poate scrie faţă de forţa cunoscută pentru aşchierea unui material etalon — sub forma:

$$F_z = F_{ze}(\sigma_r/\sigma_{re})^{n_{Fz}}, \quad F_z = F_{ze}(HB/HB_e)^{0,55}. \tag{12.24}$$

Pentru valorile uzuale ale vitezei ($v < 500$ m/min), se poate lua $F_z = C/v^u$, adică, faţă de un material cunoscut (etalon), forţa de aşchiere rezultă din relaţia

$$F_z = F_{ze}(v_e/v)^u, \tag{12.25}$$

în care u = o, 15 — 0, 30 (valorile mici pentru avansuri mari).

12.1.6.4. VIBRAŢIILE ÎN PROCESUL DE AŞCHIERE Procesul de aşchiere este însoţit întotdeauna de vibraţii (§2.4.7). În general, se urmăreşte micşorarea acestora — datorită efectelor negative ce au loc. Din punctul de vedere al sculei, micşorarea vibraţiilor se realizează prin geometria corespunzătoare, ascuţirea preventivă, utilizarea de absorbitori cu masă auxiliară sau, după Tlusty, prin modificarea direcţiei forţelor aşchietoare în raport cu modurile principale de vibraţie ale sistemului.

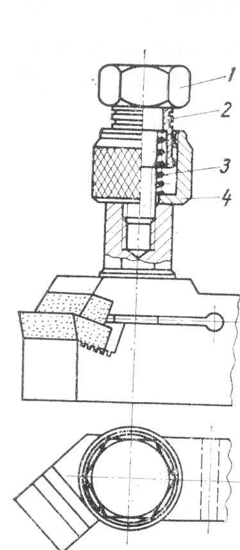


Fig. 12.12. Amortizor de şocuri pentru cuţite de strung (Rîjkov): 1 — şurub; 2 — bucşă; 3 — arc; 4 — masă auxiliară

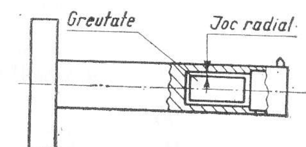


Fig. 12.13. Amortizorul Lanchester (R. S. Hahn)

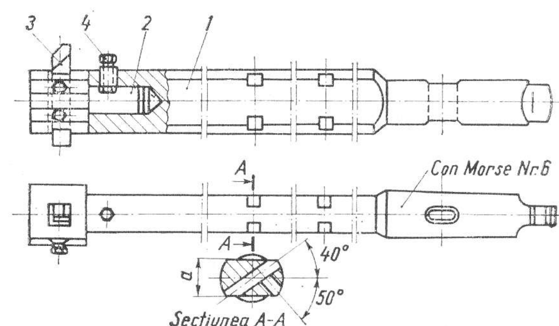


Fig. 12.14. Bară de alezat cu secţiune necirculară (L. K. Kuchma)

În fig. 12.12 şi 12.13, se dă construcţia cuţitului de strung prevăzut cu masă auxiliară 4 — după Rîjkov, şi construcţia amortizorului Lanchester pentru micşorarea vibraţiilor barei de alezat. În fig. 12.14 se dau încercările făcute de Kuchma [32] în legătură

cu utilizarea unei bare de alezat necirculare, la care alegerea optimă a unghiului de poziționare a sculei, în raport cu bara, mărește rezistența la vibrații a sistemului.

Este de observat faptul că, în ultimii ani, în vederea sfărîmării și îndepărtării așchiilor, s-au utilizat scule vibratoare (aplicîndu-se în lanțul cinematic mașină-sculă-piesă oscilații de frecvență mare și amplitudine mică, care, practic, nu influențează dimensiunile și forma suprafețelor prelucrate), care modifică condițiile de frecare și uzură a sculelor; ca urmare, are loc o reducere a deformațiilor stratului așchiat — deci a forțelor de așchiere, a cantității de căldură degajată și o îmbunătățire a condițiilor de pătrundere a fluidului de așchiere, concomitent cu o rupere a așchiilor (supuse unor oboseli ciclice de frecvență 13 ... 3 kHZ). Rezultate bune s-au obținut, în țară, în legătură cu vibrotarodarea.

12.1.7. PRECIZIA SUPRAFEȚEI PRELUCRATE PRIN AȘCHIERE

12.1.7.1. PRECIZIA MACROGEOMETRICĂ. Datorită uzurii sculei așchietoare, deformațiilor sistemului tehnologic MDSP, nepreciziei sistemului tehnologic MDSP și neuniformității procesului de așchiere, au loc *abateri de la forma geometrică* prescrisă pentru piesă, *abateri de la poziția corectă* a diferitelor elemente geometrice (STAS 7384-66) și *ondulații*.

În cazul strunjirii, este posibil să se limiteze săgeata de deformare a piesei, la valoarea admisă, prin limitarea avansului (fig. 12.15), [38, p. 151]:

$$s \leqslant \sqrt[y_{Fz}]{f_{\text{adm}}\, \varepsilon EI/(C_{Fz}\, t^{x_{Fz}} l^3\, 1{,}12)} \quad [\text{mm/rot}], \tag{12.26}$$

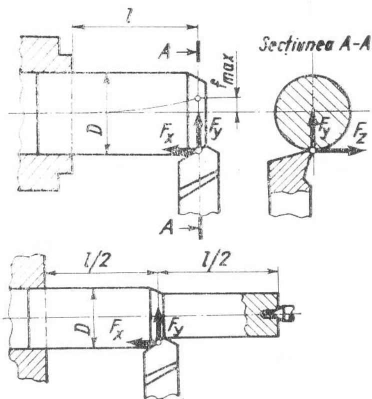


Fig. 12.15. Solicitarea semifabricatului

unde f_{adm} este săgeata admisă de condițiile tehnice prescrise, ε—coeficient ce depinde de felul fixării piesei ($\varepsilon = 3$ pentru fixarea în universal, $\varepsilon = 110$ pentru fixarea în universal și sprijinirea în vîrf, $\varepsilon = 48$ pentru sprijinirea între vîrfuri), l — lungimea piesei.

Datele în legătură cu toleranțele de formă sau poziție se înscriu, pe desenul produsului finit, conform STAS 7385-66.

Ondulația suprafețelor constă din abateri de la forma geometrică, avînd aspectul de valuri care se succed periodic, atît în direcția principală de așchiere, cît și în direcția avansului.

12.1.7.2. RUGOZITATEA SUPRAFEȚEI PRELUCRATE (microneregularități) Microneregularitățile se datoresc urmelor rămase la prelucrarea cu scula.

Înălțimea microneregularităților. Din punct de vedere geometric înălțimea microneregularităților depinde de secțiunea rămasă a așchiei (fig. 12.16) care este în funcție de avans, de raza de rotunjire a sculei (sau, în cazul frezei cilindrice, de diametrul acesteia) și de unghiul de atac secundar. Profilul teoretic (geometric) al microneregularităților este deformat, în plus, de o serie de factori ca: viteza de așchiere, fluidul de așchiere, vibrații,

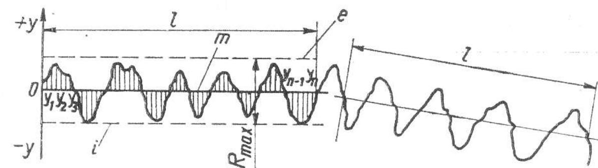


Fig. 12.16. Profilul efectiv al microneregularităților

geometria și rugozitatea tăișului sculei, uzura sculei, felul cum intră scula în material (de ex. în cazul dintelui frezei), frecarea dintre sculă și suprafața prelucrată, materialul prelucrat, spiralarea așchiei.

Evaluarea numerică a rugozității se face după mai multe sisteme:

Sistemul liniei medii (sistemul M), (adoptat de STAS 5730-60), în care evaluarea se face în raport cu linia medie a profilului. În acest sistem se consideră parametrii:

— abaterea medie aritmetică a profilului (fig. 12.16)

$$R_a = \left(\int_0^l |y|\,dx\right)/l \quad \text{sau} \quad R_a \approx \left(\sum_{i=1}^{n} |y_i|\right)/n; \tag{12.27}$$

— înălțimea neregularităților (în zece puncte) (fig. 12.17)

$$R_z = [(R_1 + R_3 + \dots + R_9) - (R_2 + R_4 + \dots + R_{10})]/5; \tag{12.28}$$

— înălțimea maximă a neregularităților: $R_{max} \approx 4{,}5\, R_a^{0,97}$.

Sistemul liniei înfășurătoare (sistemul E), în care evaluarea numerică a rugozității se face în raport cu linia care înfășoară în exterior profilul real și care se obține prin parcurgerea profilului cu ajutorul unui palpator cu rază de curbură mare (astfel încît linia obținută să cuprindă numai abateri de formă) (fig. 12.18). Se consideră parametrii:

— pasul mijlocul sau distanța de contact: $A_v = \left(\sum_{i=1}^{n} A_{v_i}\right)/n;$

— adîncimea mijlocie a rugozităților: $R_p = \left(\int_0^l y\,dx\right)/l$ sau $R_p \approx \left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)/n;$

— adîncimea maximă a rugozității R_{max};
— grad (coeficient) de golire $K_p = R_p/R_{max}$;
— grad (coeficient) de plenitudine $K_h = 1 - K_p = (R_{max} - R_p)/R_{max}$.
Notarea rugozității pe desenul produsului finit se face conform indicațiilor STAS 612-66.

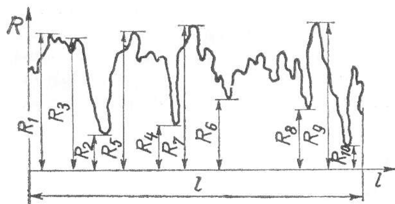


Fig. 12.17. Stabilirea înălțimii R_z.

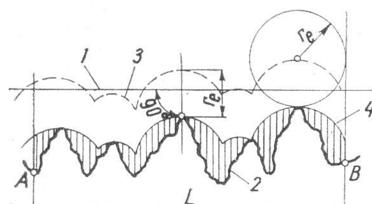


Fig. 12.18. Evaluarea rugozității în sistemul E.

12.1.8. TERMODINAMICA AŞCHIERII

Lucrul mecanic consumat cu aşchierea se transformă aproape integral în căldură:

$$Q_m = W = F_z v \text{ [daJ/min]}, \tag{12.29}$$

unde $W = \sum_{i=1}^{6} W_i \approx W_1 + W_2 + W_3$ şi $Q = \sum_{i=1}^{4} Q_i$. S-a notat: W_1 — lucrul mecanic necesar deformărilor plastice ale metalului aşchiat şi ale materialului de sub linia de aşchiere, W_2 — lucrul mecanic consumat de frecarea dintre fața de degajare şi aşchie, W_3 — lucrul mecanic consumat de frecarea dintre fața de aşezare şi piesă, W_4 — lucrul mecanic consumat de deformările elastice, W_5 — lucrul mecanic consumat cu spiralarea aşchiei, W_6 — lucrul mecanic consumat de sfărîmarea aşchiei, Q_1 — cantitatea de căldură luată de aşchie, Q_2 — cantitatea de căldură luată de sculă, Q_3 — cantitatea de căldură luată de piesă, Q_4 — cantitatea de căldură luată de mediul ambiant (eventual de fluidul de aşchiere). Suma $W_4 + W_5 + W_6$ este neglijabilă (2—3%).

S-au făcut studii asupra determinării analitice a fluxului de căldură ce se transmite diferitelor elemente ce iau parte la procesul de aşchiere [53]. Teoria şi practica arată că:

— cu cît viteza de aşchiere creşte, cu atît trece mai puțină căldură la semifabricat şi mai multă la sculă;

— cînd lățimea aşchiei b şi coeficientul de conductibilitate al materialului prelucrat cresc, trece mai multă căldură la piesă şi mai puțină la sculă.

12.1.9. FLUIDE DE AŞCHIERE

12.1.9.1. ROLUL FLUIDELOR DE AŞCHIERE. Fluidele (lichide sau gaze), utilizate ca mediu de desfăşurare a procesului de aşchiere, au un rol complex: *răcire, ungere, „efect de aşchiere“* (datorită adsorbției la suprafața materialului a *componenților capilari activi* existenți în fluidele active de ungere şi răcire), *împiedicarea depunerilor pe tăiş, protejarea suprafețelor* (maşină, dispozitiv, sculă, piesă) împotriva coroziunii, *îndepărtarea aşchiilor* de exemplu la prelucrarea găurilor adînci, sau *efectul de spălare* în cazul abrazarii, etc.

În afara lichidelor uzuale (tabelul 12.1), s-au încercat în laboratoare şi alte fluide de aşchiere: mercurul, cloroformul, azotul, oxigenul, hidrogenul, bioxidul de carbon (ultimul fiind utilizat cu succes în cazul aliajelor tenace şi dure, fiind introdus în interiorul sculelor prin canale spre fața de aşezare, cu o presiune de 55—70 at), tetraclorura de carbon, gaze lichide etc. S-a constatat că reducerea frecării (exterioare) se datoreşte prezenței componenților capilari activi sau datorită prezenței componenților cu acțiune chimică.

Rezultate importante au dat fluidele de aşchiere cu aditivi (de ex. bisulfura de molibden). În ultimii ani, s-au făcut încercări de răcire electronică a sculelor aşchietoare, fenomen bazat pe efectul Peltier.

12.1.9.2. UTILIZAREA FLUIDELOR DE AŞCHIERE. La alegerea fluidului de aşchiere, se are în vedere: procedeul de prelucrare (strunjire, filetare etc.), materialul de prelucrat, regimul de aşchiere, forma aşchiilor, netezimea impusă suprafeței prelucrate menținerea dimensiunilor piesei prelucrate etc., (tabelul 12.1).

12.1.10. UZURA SCULELOR AŞCHIETOARE

În funcție de condițiile de aşchiere, uzura se produce pe fața de aşezare (caracterizată de parametrul h_α), pe fața de degajare (caracterizată prin parametrii B şi h_γ) — separat sau concomitent (fig. 12.19). Ca urmare, variază geometria sculei (apare unghiul de degajare α_{ux0} al sculei uzate), precizia de prelucrare, forțele de aşchiere. Pentru asigurarea unor condiții normale (precizie, consum material şi de scule etc.), se limitează uzura la anumite valori:

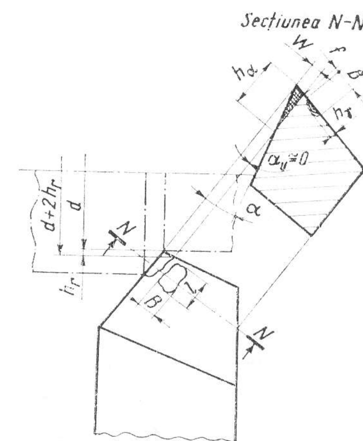


Fig. 12.19. Uzura cuțitului de strung.

Uzura admisibilă — care se stabileşte după diferite criterii: la finisare uzura se limitează de condiția menținerii dimensiunilor piesei în cîmpul de toleranță, la degroşare

Tabelul 12.1

Recomandări în legătură cu utilizarea lichidelor de aşchiere [50] (indicate în ordinea preferenţială)

Materialul prelucrat	Rectificare	Strunjire		Frezare		Găurire	
		de degroşare	de finisare	de degroşare	de finisare	adîncimi mici şi medii	găuri adînci
1	2	3	4	5	6	7	8
Oţeluri de construcţie şi oţeluri de scule	1. SS 2. SSa 3. Em 4. Oc	1.SS 2.SSa 3. Em	1.Ssp 2. Em 3. SB 4. SA 5. OC	1. SS 2. SSa 3. Em	1. Ssp 2. Em 3. SB 4. SA 5. OC 6. CM	1. SS 2. SSa 3. SB 4. Ssp 5. Em 6. SA	1. Em 2. SA 3.OC+K 4.OCa+K 5. CM
Oţeluri aliate speciale	1. SS 2. SBt 3. Em 4. OC	1. SS 2. SSa 3. Em 4. Ssp	1. Em 2. SA 3. OC 4. CM	1. SS 2. SSa 3. Em	1. Em 2. SA 3. OC 4. CM	1. SSa 2. SB 3. Ssp 4. Em 5. SA	1. Em 2.OC+K 3.OC+K 4.OCa+K 5. CM
Oţel turnat	1. SS 2. SSa 3. Em	1. Em	1. Em	1. Em	1. Em 2. CM	1. Em	
Fontă	1. U 2. SS 3. SSa 4. SB	1. U 2. SS 3. SSa 4. Em		1. U 2. SS 3. SSa 4. Em		1. U 2. Em 3. K 4. SBg	
Fontă maleabilă	1. SS 2. SSa 3. Em	1. U 2. Em		1. U 2. Em	1. U 2. OC	1. Em	
Bronz	1. Em 2. Mm	1. U 2. Em	1. Em	1. U 2. Em	1. Em 2. CM	1. U 2. Em	
Alamă	1. Em 2. Mm	1. U 2. Em	1. U 2. Em 3. CM	1. Em	1. Em 2. CM	1. U 2. Em	
Cupru	1. Em 2. Mm	1. U 2. Em	1. Em	1. Em	1. Em 2. CM	1. U 2. CM	
Nichel	1. Mm	1. U	1. U	1. Em	1. Em	1. Em	
Zinc	—	1. Em	1. U	—	—	—	

Materialul prelucrat	Alezare	Filetare	Frezarea danturii	Mortezare		Rabotare	Debitare cu ferăstrăul	Broşare
				Obişnuită	Mortezarea danturii			
1	9	10	11	12	13	14	15	16
Oţeluri de construcţie şi oţeluri de scule	1. Em 2. Ssp 3. OC 4. CM	1. Em 2. Oc 3.OC+K 4. CM 5.OCa+K	1. Em 2. OC 3. Cm	1. U 2. Em 3. OC 4. CM	1. Em 2. OC 3. CM	1. U 2. Em 3. CM	1. Em 2. OC 3. CM	1. Em 2. Ssp 3. OC 4. CM
Oţeluri aliate speciale	1. Em 2. Ssp 3. OC 4. CM	1. Em 2.OC+K 3.OCa+K 4. CM 5. OC	1. Em 2. OC 3. CM	1. Em 2. OC 3. CM	1. OC 2. CM	1. U 2. Em 3. OC 4. CM	1. Em 2. OC 3. CM	1. OC 2. CM
Oţel turnat	1. Em 2. OC 3. CM	1. Em 2. OC 3. CM	1. Em 2. OC 3. CM	1. Em 2. CM	1. Em 2. OC	1. U 2. Em 3. CM	1. Em	1. Em 2. OC 3. CM
Fontă	1. U 2. CM	1. U 2. K 3. CM	1. U 2. SS 3. SSa 4. Em	1. U 2. K	1. U	1. U 2. K	1. U 2. Em	1. U 2. CM
Fontă maleabilă	1. U	1. Em	—	1. Em 2. CM	—	1. U 2. CM	1. Em	1. U
Bronz	1. Em 2. M 3. CM	1. U 2. CM	1. U	1. U 2. CM	1. U	1. U	1. U 2. Em	1. CM
Alamă	1. U 2. CM	1. U 2. CM	1. Em	1. U	—	1. U	1. U 2. Em	1. U 2. CM
Cupru	1. Em	1. Em 2. CM	1. U	—	—	1. U	1. Em	1. Em
Nichel	1. Em	1. Em	—	1. U	—	1. U	1. U	1. Em
Zinc	—	1. Em	—	1. Em	—	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8
Aluminiu	1. M 2. M+K	1. U 2. Em 3. K	1. Em 2. K	1. U 2. Em 3. K	—	1. U 2. Em 3. K	
Duralu-miniu	1.CM+K 2. K	1. U 2. K	1. K	1. K	1.CM+K	1. Em 2.CM+K	
Silumin	—	1. Em	1. Em 2. M	1. Em	1. Em	1. Em	

Notații: U — uscat
SS — soluție apoasă de sodă
SSa — soluție apoasă de sodă cu unul sau mai multe dintre următoarele adausuri anticorozive sau a amestecurilor: azotit de sodiu, fosfat trisodic, sticlă solubilă, bicromat de potasiu sau de sodiu
SB — soluție apoasă de borax
SBg — soluție apoasă de borax și glicerină
SBt — soluție apoasă de borax și trietanolamină
Ssp — soluție apoasă de săpun

Observație. La strungurile automate se întrebuințează și uleiuri minerale: ulei de fuse.

se limitează uzura astfel încît să nu se ajungă în zona uzurii catastrofale; un criteriu economic este acela care asigură o durată totală maximă de așchiere a sculei.

În scopul urmăririi uzurii, s-a introdus noțiunea de *uzură specifică* sau *uzură relativă* (uzura raportată la 1 000 metri lungime): $u_0 = 1\,000\ u/l[\mu m/m]$, în care u este uzura normală, l — lungimea așchiată în metri corespunzător uzurii normale (calculată, de ex. pentru strunjire cu formula $l = \pi DL/(1\,000\ s)$ $[m]$ în care D și L sînt diametrul și lungimea prelucrată a piesei, mm, s — avansul, mm/rot.

În tabelul 12.2 se dau valorile uzurilor admisibile.

12.1.11. VITEZA DE AŞCHIERE

12.1.11.1. DURABILITATEA SCULEI AŞCHIETOARE. Durata continuă de lucru a unei scule, numită *durabilitatea sculei* T, măsurată în minute timp de mașină, depinde de factorii care au influență asupra uzurii. Dintre toți aceștia, influența cea mai mare o are viteza de așchiere. Taylor a stabilit dependența T-v sub forma:

$$T = C_1/v^z \qquad \text{sau} \qquad v = C_2/T^m, \tag{12.30}$$

unde m este exponentul duratei continue de așchiere ($m = 1/z$), C_1, C_2 — constante care depind de proprietățile fizice și mecanice ale materialului de prelucrat, de adîncimea de așchiere, de avans etc. Exponentul m nu este constant; el depinde de uzura tăișului. Pentru un domeniu restrîns al vitezei de așchiere (raportul dintre cele două viteze limită circa 1,5), se poate considera m = constant.

Tabelul 12.1 (continuare)

9	10	11	12	13	14	15	16
1. Em 2.SK+K	1. U 2. Em 3. K	— —	1. U 2. Em 3. K	—	1. U 2. Em 3. K	1. U 2. K 3. Em 4. M	1.CK+K 2. M 3.CM+K
1. CM	1. CM	—	—	—	1. U 2. K	1. Em 2.CM+K	1. CM
1. K 2. SK	1. Em 2.CM+K	— —	1. Em	—	1. Em 2. K	1. M	1. K 2. SK

SA — soluție apoasă de ulei de alizarină (ulei de ricin sulfonat)
Em — emulsie
M — ulei mineral
Mm — ulei mineral de viscozitate mică
OC — ulei activat cu sulf
OC+K — ulei activat cu sulf + petrol lampant
OCa+K — ulei activat cu sulf + petrol lampant cu adaus superficial activ, de ex. acid oleic
CM — uleiuri mixte (ulei mineral în amestec cu un produs care conține acizi grași)
SK — terebentină
K — petrol lampant

12.1.11.2. DURABILITATEA ECONOMICĂ. Calculul durabilității se face astfel încît să se obțină productivitatea maximă a muncii sociale totale (considerînd evidența și controlul prin leu, [3]):

$$T = (1 - m)\left(\tau_{inloc} + \frac{S}{\Sigma C}\right)/m\ [\text{min}], \tag{12.31}$$

unde τ_{inloc} este timpul necesar înlocuirii sculei și reglării mașinii-unelte, min; S — costul exploatării sculei $S = \dfrac{C_s}{n_s + 1} + C_{asc} + C_{regl} \cdot \tau_{regl}$; C_s — costul inițial al sculei, lei; n_s — numărul de reascuțiri permis pînă la uzura completă a sculei; C_{asc} — cheltuieli în legătură cu ascuțirea sculei, inclusiv salariul — cu cotele — ascuțitorului și cheltuielile de regie legate de funcționarea utilajului de ascuțire, lei; C_{regl} — salariul, cu cotele, reglorului, pe 1 min, lei; τ_{regl} — timpul consumat de reglor pentru înlocuirea sculei uzate și pentru reglarea mașinii-unelte, în perioada de durabilitate T, min); $\Sigma C = C_{munc} + C_{munc.des.} + C_{rep} + C_{amort} + C_{clăd} + C_{itf} + C_{aux} + C_{reg}$; C_{munc} — salariul muncitorului de la mașina-unealtă, de bază și suplimentar, inclusiv cotele, pe 1 min, lei; $C_{munc.des}$ — salariile muncitorilor legați de deservirea utilajului, raportat la 1 min de lucru al muncitorului, lei; C_{amort} — cheltuielile de amortizare a utilajului de producție, raportate la 1 min de funcționare a acestuia, lei; C_{rep} — cheltuielile pentru reparațiile curente ale utilajului de producție, raportate la 1 min de funcționare a

Tabelul 12.2

Valorile uzurilor admisibile pentru diferite tipuri de scule

a. *Cuţite*

Tipul de cuţit	Materialul de prelucrat	Uzura feţei de aşezare h_α, mm, la cuţite din: Oţel rapid	Carburi metalice
Cuţite normale, frontale şi de interior	Oţel şi materiale tenace	1,5–2	0,8–1
Cuţite de canelat şi retezat		0,8–1	
Cuţite profilate	Oţel şi materiale tenace	0,4–0,5	–
Cuţite normale		3–4	Pentru $s >$ 0,3 mm/rot 1,4–1,7
Cuţite frontale, de interior, retezat şi canelat	Fonte şi materiale fragile	1,5–2	Pentru $s <$ 0,3 mm/rot 0,8–1,0

b. *Burghie, adîncitoare, alezoare*

Scula	Materialul de prelucrat	Uzura caracteristică	Mărimea uzurii h_α, mm
Burghie spirale din oţel de scule	Oţel, cu răcire Fontă, fără răcire	Pe faţa de aşezare Pe colţ	1–1,2 0,5–1,2
Idem cu plăcuţe din carburi metalice	Oţel, cu răcire	Pe faţa de aşezare	0,4–1,3
Adîncitoare	Oţel, cu răcire Fontă, fără răcire	Pe faţa de aşezare Pe colţ	0,2–1,0 0,8–1,5
Alezoare	Oţel, cu răcire Fontă, fără răcire	Pe faţa de aşezare	0,5–0,8

Observaţie. Mărimea uzurilor variază în limitele indicate în funcţie de diametrul sculelor respective.

Tabelul 12.2 (continuare)

c. *Broşe*

Tipul broşei		Uzura feţei de aşezare h_α, mm
Broşe de canal de pană şi de canelat		0,3–0,4
Broşe cilindrice		0,2–0,3

d. *Freze*

Tipul frezei	Materialul de prelucrat	Uzura feţei de aşezare h_α mm, la: Degroşare	Finisare
Freză cilindrică	Oţel Fontă	0,4–0,6 0,5–0,8	0,15–0,25 0,20–0,30
Freză frontală	Oţel şi fontă	1,5–2,0	0,30–0,50
Freză deget, $D < 15$ mm	Oţel	0,15–0,2	0,10–0,15
Freză deget, $D > 15$ mm	Oţel	0,3–0,4	0,20–0,25
Freză disc cu trei tăişuri	Oţel şi fontă	0,4–0,5	0,15–0,25
Freză disc pentru canelat şi retezat	Oţel şi fontă	0,15–0,2	0,15–0,20
Freză profilată cu dinţi frezaţi	Oţel	0,6–0,7	0,20–0,30
Freză profilată cu dinţi detalonaţi	Oţel şi fontă	0,3–0,4	0,20
Freze frontale cu dinţi din carburi metalice	Oţel Fontă	1,5 2,0	
Freze disc cu dinţi din carburi metalice	Oţel Fontă	1,5 2,0	

Tabelul 12.2 (continuare)

e. Scule de filetat

Tipul sculei		Uzura feței de așezare h_α, mm
Tarozi de mașină	Pentru oțel Pentru fontă	0,125 *d* 0,070 *d*
Tarozi pentru piuliță	Presați la rece Presați la cald	0,050 *d* 0,125 *d*
Filiere rotunde		0,1—0,5
Cuțite și piepteni de filetat	Degroșare Finisare	2,0 0,3
Freze-pieptene de filetat	D = 40...50 mm D = 55...65 mm D = 80...90 mm	0,4 0,5 0,6

Observație. d reprezintă diametrul mediu al sculei de filetat

f. Scule pentru danturat

Tipul sculei	Uzura feței de așezare h_α, m la:	
	Degroșare	Finisare
Freze-melc	1,2—1,6	0,2—0,36
Freze modul-disc	0,8—1,0	0,2—0,30
Cuțite de rabotat	0,8—1,0	0,25—0,30
Cuțite-roată de mortezat	0,8—1,0	0,06—1,00
Cuțite pentru capete de prelucrat roți conice cu dinți curbi	0,3—0,6	0,15—0,30
Feze-melc conice	—	0,60—0,80

utilajului, lei; $C_{clăd}$ — cheltuielile de amortizare și întreținere a clădirilor și instalațiilor, raportate la 1 min de funcționare a utilajului, lei; C_{itf} — salariile, inclusiv cotele ale inginerilor, tehnicienilor, funcționarilor și personalului de serviciu, raportate la 1 min de funcționare a utilajului, lei; C_{aux} — salariile, inclusiv cotele, ale muncitorilor auxiliari, raportate la 1 min de funcționare a utilajului, lei; C_{reg} — regia generală, raportată la 1 min de funcționare a utilajului, lei.

Metoda dată servește pentru elaborarea normativelor asupra durabilității (tabelul 12.3), care trebuie verificate în condițiile existente.

În cazul cînd conditiile impun o productivitate maximă a unei operații tehnologice:

$$T_{prod} = (1 - m)\ \tau_s/m\ [\text{min}]. \tag{12.32}$$

Este de observat că, în cazul unui atelier, prețul de cost la o mașină-unealtă nu mai este reprezentativ, trebuind să se aibă în vedere prețul de cost total și productivitatea muncii pe întreg atelierul. În acest caz, pentru mașinile-unelte care limitează producția, se introduce un coeficient de corecție pe lîngă durabilitatea economică, de forma [3, p. 178]:

$$k_{T\ min} = \tau_{inloc} \cdot \Sigma C/(\tau_{inloc}\ \Sigma C + S) \tag{12.33}$$

Sub valoarea minimă dată de (12.33) nu se merge, deoarece nu trebuie să se depășească durabilitatea dată de (12.32).

12.1.11.3. VITEZA DE AȘCHIERE ECONOMICĂ. Valoarea vitezei de așchiere corespunzătoare regimului de lucru economic (determinat de T_{ec}), [39, p.194]:

$$v = C_v D^{q_v}_{s\ med}\ k_v/(T^m s_d^{x_v}\ t^{y_v}\ t_l^{g_v}\ z^{u_v}). \tag{12.34}$$

În cazul cînd unul din parametrii s, t, t_l, z sau D nu participă la determinarea vitezei de așchiere, pentru o anumită sculă, exponentul parametrului respectiv se ia zero (v. tabelul 12.4).

12.1.11.4. INFLUENȚA DIFERIȚILOR FACTORI ASUPRA VITEZEI DE AȘCHIERE. Factorul k_v, care înglobează restul condițiilor de așchiere — în afara factorilor care intră în mod explicit în formula (12.34), are valoarea:

$$k_v = k_T k_{prel} k_{st} k_c k_s k_\alpha k_\gamma k_\varkappa k_{x_1} k_r k_{q_1} k_h k_d k_w, \tag{12.35}$$

unde k_T este un factor ce depinde de durabilitatea sculei, k_{prel} — coeficient de prelucrabilitate (asupra căruia influențează și k_{Mv}), k_{st} — coeficient care indică influența stării materialului prelucrat, k_c — influența stării suprafeței (crustă etc.), iar restul factorilor arată influența stării materialului sculei k_s, geometriei sculei k_α și k_γ, parametrilor de poziție k_x și k_{x_1}, razei de rotunjire k_r, ariei secțiunii sculei k_{q_1}, uzurii sculei k_h, forma feței de degajare k_d, fluidului de așchiere k_w, etc.

Materialul prelucrat influențează asupra vitezei de așchiere, (pentru oțel și fontă), astfel:

$$v = v_e(\sigma_{re}/\sigma_r)^{n_v} \text{ și } v = v_e(\text{HBe}/\text{HB})^{n_v},$$

unde v_e este viteza de așchiere pentru un material cunoscut considerată etalon.

Tabelul 12.3

Valorile teoretice medii ale durabilităţii T, la prelucrarea cu o singură sculă [3]

Scula	T, min	Scula	T, min
Cuţite normale	60	Cuţite-roată pentru danturat	
Cuţite profilate	120	degroşare	360
Cuţite pentru filet	60	finisare	180
Filiere	90	Cuţite-pieptene pentru danturat	180
Piepteni-disc pentru capete de filetat	90	Cuţite pentru dantură conică	
		degroşare	240
		finisare	180
Piepteni tangenţiali pentru capete de filetat	90	Scule pentru strung revolver cu mai multe cuţite	480—600
Burghie elicoidale (după (T. V. Tolcenov) pentru oţel	1 D	Strung, carusel cu două sau mai multe cuţite	120
pentru fontă şi aliaje de cupru	1,5D	Discuri de rectificat (după Min. Ind. Aviatice URSS)	15
D = diametrul burghiului)			
Freze modul-disc, $m < 3$	120		
$m = 4$	180		

Durabilitatea frezelor

1. Freze din oţel rapid

Tipurile frezei	D, mm	Construcţia frezei	T, mm
Freze cilindrice	$\leqslant 60$	Monobloc	60
	>60		90
Freze frontale şi freze disc	$\leqslant 90$	Monobloc	90
	$\leqslant 150$	Cu dinţi demontabili	120
	>150		180
Freze profilate	$\leqslant 60$	Monobloc	180
	>60		270
Freze cu coadă	—	Coadă cilindrică	30
		Coadă conică	60
Freze pentru canale şi de retezat			60

Tabelul 12.3 (continuare)

2. Freze cu plăcuţe din carburi metalice

Tipul frezei		Numărul de dinţi, Z						
		4	5	6	8	10	12	16
		Durabilitatea T, min						
Freze frontale cu cuţite prizmatice		160	200	240	320	400	—	—
Freze frontale cu cuţite rotunde		80	100	120	160	200	240	—
Freze disc		—	—	—	240	300	360	480
Freze cu coadă	$D \leqslant 30$	60						
	$D > 30$	180						

3. Freze pentru filet

D, mm	20	40	60
T, min	90	120	180

4. Freze melc modul

Felul operaţiei	$m =$	<3	4	5	6	8	10
Degroşare	T,min	240	300	480	600	720	960
Finisare	T,min	120	150	240	300	360	480

Observaţie: m este modulul în milimetri.

Tabelul 12.3 (continuare)

Durabilitatea lărgitoarelor (din oţel rapid)

D, mm	30	40	60
T, min	42	65	110

Durabilitatea alezoarelor

Din oţel rapid	D, mm	10	15	30	40	50
	T, min	18	24	42	72	72
Cu plăcuţe din carburi metalice (K40), pentru fontă HB = 190	D, mm T, min	10 30	15 45	20 60	30 90	40 120
Idem, P10, pentru oţel călit (HRC 49)	T, min	30				
Alezoare reglabile	T, min	150				

Durabilitatea tarozilor

Pentru oţel carbon, D = 10–30 mm, T = 90 min					
Pentru oţel refractar, D = 5–12 mm, T = 20 min					
Aliaje de aluminiu	Pentru	D, mm	5–14	16–30	36–72
	Silumin	T, min	20	40	60
	Duraluminiu	T, min	40	90	180
Pentru fontă, D = 5–36 mm, T = 30 min					

Tabelul 12.4

Particularizarea vitezei de aşchiere

Rabotare, mortezare, strunjire	Burghiere
$q_v = g_v = u_v = 0$; $s = s/z = s$ $v = C_v k_v / (T^m\ t^{y_v}\ s^{x_v})$	$q_v = 0$; $z = 2 =$ ct şi $t = D_s/2$-deci $x_v = u_v = 0$, $s_d = s/2$, $D_{s\ med} = D_s$ $v = C_v D_s^{q_v}\ k_v/(T^m x^{x_v})$
Broşare	**Lărgire şi alezare**
$q_v = g_v = u_v = 0$; $x_v = 0$ $v = C_v k_v/(T^m\ s^{x_v})$	$x_v = g_v = 0$; $s_d = s/z$ $v = C_v D_s^{q_v} k_v/(T^m s^{x_v}\ t^{y_v}\ z^{u_v})$
Frezare	**Tarodare şi prelucrare cu filiere**
$D_{s\ med} = D_s$ $v = C_v D_s^{q_v}\ k_v/(T^m s_d^{x_v}\ t^{y_v}\ t_l^{g_v}\ z^{u_v})$.	$s = p$; $t = \varphi(p) = k_p p$ (deci $x_v = 0$) $s_d = s/z = p/z$; $x_v = g_v = 0$ $v = C_v D_s^{q_v} k_v/(T^m p^{x_v}\ z^{u_v})$.

12.1.12. REGIMUL DE AŞCHIERE

Volumul de aşchii ridicat, în unitate de timp, are valoarea $V = Ctsv$ [mm³/min]. Luînd în considerare condiţia $T = T_{ec}$, se obţine [38, p. 208], $V = C_1 t^{1-xv}\ s^{1-yv}$, relaţie care arată că productivitatea tehnologică creşte mai mult cu mărirea adîncimii de aşchiere t (deoarece $x_v < y_v$). Ca urmare:

– Este mai avantajos să se mărească adîncimea de aşchiere decît avansul.

La fel, viteza de aşchiere influenţează mai mult asupra uzurii.

– Mărirea vitezei de aşchiere în dauna adîncimii de aşchiere sau avansului micşorează productivitatea tehnologică. Se poate mări productivitatea tehnologică prin mărirea vitezei, pentru $T = T_{ec}$, luînd un alt material pentru scule etc.

Deci, în condiţia $T = T_{ec}$, rezultă că este mai bine să se lucreze cu aria secţiunii aşchiei mare, pe seama micşorării vitezei, decît invers.

Ca urmare, ordinea stabilirii regimului de aşchiere va fi t, s, v.

12.1.13. MATERIALELE PENTRU SCULE

Este necesar ca materialelele pentru scule să satisfacă anumite condiţii: *rezistenţă mecanică* (rezistenţă la incovoiere şi rezilienţă suficient de ridicate, pe lîngă rezistenţa la compresiune) *rezistenţă la uzură*, caracterizată prin duritatea materialului, *stabilitate termică*; în plus este bine să aibă o conductibilitate termică suficientă, să nu prezinte — dacă este posibil — proprietatea de aderare şi să aibă un preţ de cost cît mai scăzut.

Se deosebesc: *oţeluri carbon pentru scule* STAS 1700-64, cu indicaţii de utilizare, cu un conţinut de 0,65—1,4%C, duritate în stare călită 62—65 HRC, rezistenţa ridicată σ_r = 160 daN/mm², tenacitate mare ($KCU_{30/2}$ = 1,5 daJ/cm²), stabilitate termică mică (200—250°C); *oţeluri aliate pentru scule*, STAS 3611-66, cu conţinut mic de Cr, W, V etc., rezistenţa σ_r = 160—200 daN/mm², rezilienţă $KCU_{30/2}$ = 1,5—4 daJ/cm², duritate (după călire) maxim 65 HRC şi stabilitate termică mai bună (pînă la 300°C); *oţeluri rapide*, STAS 7382-66, bogat aliate, cu aceleaşi caracteristici mecanice ca oţelurile aliate, stabilitate termică ridicată (550—650°C); *carburi metalice*, STAS 6374-61, (obţinute prin sinterizarea — la temperaturi şi presiuni înalte — pulberilor de carburi de W, Ti, Ta etc., cu cobalt metalic), acestea au duritate foarte mare (85—92 HRA), stabilitate termică bună (900—1000°C), rezistenţă la compresiune mare dar sînt fragile, avînd σ_r = 50—100 daN/mm², σ_{inc} = 130—150 daN/mm², $KCU_{30/2}$ = 0,1 daJ/cm²); *materiale mineralo-ceramice* (sinterizate sub formă de plăcuţe — principalul element constitutiv Al_2O_3, amestecat cu alţi oxizi alcalino-pămîntoşi şi cu o cantitate mică de Cr_2O), duritate 95—98 HRA, stabilitate termică 1100°C, rezistenţă la compresiune σ_{rc} = 170 daN/mm², la rupere σ_r = 7,5 daN/mm², tenacitate scăzută ($KCU_{30/2}$ = 0,08 daJ/cm²) — ca urmare se utilizează numai la finisare şi semifinisare: *diamantul* are stabilitate termică mare (1600—1800°C), dar este fragil (aşchiere fără şocuri şi fără trepidaţii); *materiale abrazive* (pentru materiale de duritate mare). Literatura de specialitate [25] [19] dă recomandări pentru utilizarea materialelor de scule.

În tabelul 12.5, se dau rezistenţele admisibile ale oţelurilor de scule, tratate şi netratate termic.

Tabelul 12.5

Rezistenţele admisibile ale oţelurilor pentru scule

Materialul	Starea	Duritatea HRC	Rezistenţa admisibilă, daN/mm²			
			încovoiere	tracţiune	răsucire	forfecare
Oţel carbon de scule	Netratat	30—40	24	20	17	20
	Călit	62—65	36	30	26	28
Oţel rapid	Netratat	30—40	36	30	26	28
	Călit	62—64	48	40	35	38

În fig. 12.20, se dau formele utilizate ale cuţitelor cu diamant [30]: cu o muchie, rotund — pentru obţinerea unei netezimi mari (pericol de vibraţii), cu mai multe muchii — după utilizarea uneia, se poate folosi alta. În tabelul 12.6 [33], se dau valorile parametrilor geometrici.

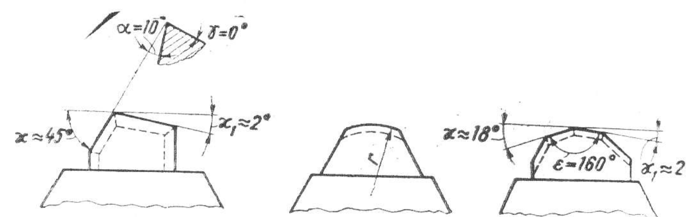


Fig. 12.20. Geometria diamantului [18]:
a — cu un tăiş; *b* — cu un tăiş curb; *c* — cu mai multe tăişuri

Tabelul 12.6

Valorile recomandate pentru parametrii geometrici ai sculelor cu diamant [33]

Materialul prelucrat	γ	α
Aliaje de aluminiu şi magneziu	+ 3 la 0°	Strunjire exterioară 5 la 8°
Cupru, alamă, bronz, metale antifricţiune	— 10 la 0°	Strunjire interioară 6 la 10°

12.1.14. ECONOMIA DE MATERIALE ÎN CONSTRUCŢIA DE SCULE

Economia de materiale pentru scule se poate face pe mai multe căi: *exploatarea raţională* a sculelor; *măsuri de proiectare* (se execută numai tăişul sculei din materiale de scule); *măsuri tehnologice* (micşorarea adaosurilor de prelucrare la executarea sculelor); *tratamentul termo-chimic superficial* al tăişurilor sculei (cianizare, sulfizare, feroxare — care formează un oxid ce defavorizează formarea adaosului pe tăiş [33, p. 361], cromarea, corodarea, oxidarea superficială anticorosivă-brunarea [19]; *tratamentul la temperaturi sub* 0° executat înainte de revenire [27, p. 312]; *durificarea prin scîntei electrice*; *recondiţionarea repetată* a sculelor [37].

12.2. METODE DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE

12.2.1. STRUNJIREA

12.2.1.1. STRUNGURI. Prelucrarea pe strung se face pe baza directoarei și generatoarei cinematice (fig. 12.21, *a* și *b*).

În fig. 12.21 se dau lanțurile cinematice ale strungului normal, iar în fig. 12.22 — structura cinematică a acestuia.

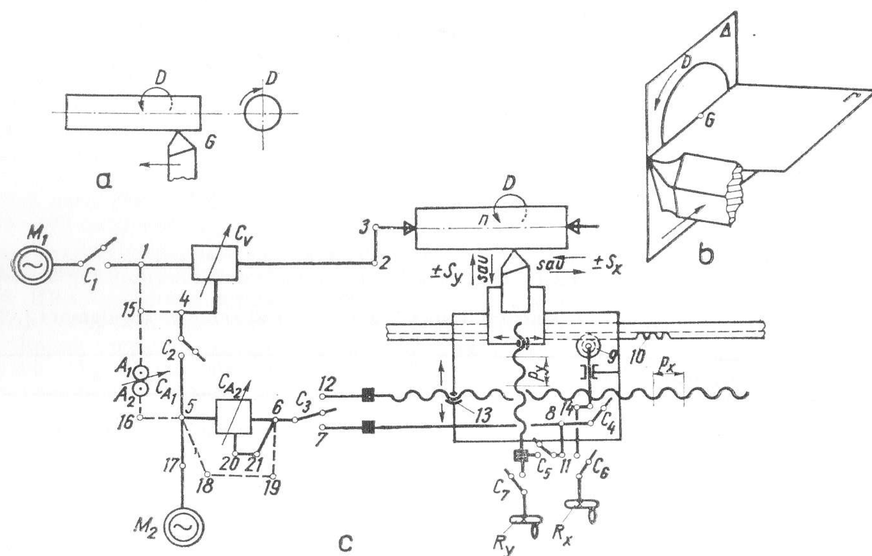


Fig. 12.21. Lanțul cinematic al strungului normal:
a — strunjire longitudinală; *b* — strunjire transversală; *c* — lanțul cinematic

Ecuațiile caracteristice:

$$n = n_{M1} i_1 i_{Cv} i_2 i_3 \text{ [rot/min]},$$

$$s'_x = n_{M1} i_1 i_{Cv} i_4 i_5 i_{CA2} i_6 i_7 i_8 \pi D_9 \text{ [mm/min) sau}$$

$$s_x = s'_x/n \text{ [mm/rot]},$$

$$s'_y = n_{M1} i_1 i_{Cv} i_4 i_5 i_{CA2} i_6 i_7 i_8 i_{11} p_y \text{ [mm/min] sau}$$

$$s_y = s'_y/n \text{ [mm/rot]}.$$

În cazul deplasării rapide:

$$s_{x\,rap} = n_{M1} i_1 i_{Cva} i_4 i_5 i_{18} i_{19} i_6 i_7 i_8 \pi D_9 \text{ [mm/min]},$$

$$s_{y\,rap} = n_{M1} i_1 i_{Cva} i_4 i_5 i_{18} i_{19} i_6 i_7 i_8 i_{11} p_y \text{ [mm/min]}.$$

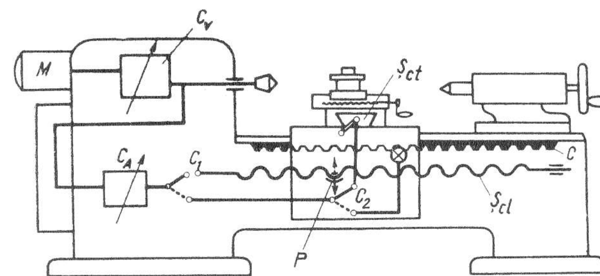


Fig. 12.22. Structura cinematică a strungului normal:
s_{cl} — șurub conducător longitudinal; s_{ct} — șurub conducător transversal; p — piulița șurubului conducător; C_1 — cuplă pentru cuplarea mecanismului de deplasare a cuțitului; C_2 — cuplă pentru cuplarea avansului longitudinal sau transversal; C — cremalieră c — roată dințată

Cînd se ocolește variatorul C_v, se înlocuiește i_{Cv} cu $A_1 i_{15} i_{16}/A_2$, în care $A_{1,2}$ sînt roți de schimb.

Ecuația caracteristică la prelucrarea filetului:

$$s'_{xf} = n_{M1} i_1 i_{Cv} i_4 i_5 i_{CA2} i_6 i_{12} p_x \text{ [mm/min] sau}$$

$$s_{xf} = s'_{xf}/n \text{ [mm/rot]}.$$

În această ecuație se va înlocui s'_{xf} cu valoarea pasului de la filetul de executat. De exemplu: $s_{xf} = 25{,}4/N_x$, din tabelul 12.7. În cazul prelucrării filetelor frontale (spirale arhimedice), se folosește lanțul cinematic al strunjirii transversale. La prelucrarea filetelor multiple (fig. 12.23 [1], în care k = 3 începuturi), este necesar ca scula să se deplaseze cu valoarea $p = k \cdot div$, unde p este pasul filetului, iar div — diviziunea. Prelucrarea unui asemenea filet presupune și o divizare intermitentă a piesei, cu valoarea $(1/k)\ 360°$ — ce se poate obține cu dispozitivul din fig. 12.24 [1], realizat din discurile *1* și *2*, blocate cu șurubul *4*; poziționarea se face cu ajutorul unui vernier. Se pot utiliza, de asemenea, capete cu mai multe cuțite (fig. 12.25) [1], în funcție de numărul de începuturi; reglarea cuțitelor se face printr-un șablon. Este necesar să se verifice neapărat înclinarea filetului: $\operatorname{tg} \sigma = v/w$, deoarece, la înclinări mari, rezultă $w > v$, ceea ce nu este recomandabil.

Pentru filetarea cu viteze rapide la exterior și interior, se folosește capul portcuțite, filetarea în vîrtej, care se montează pe suportul portscule excentric față de piesă (fig. 12.26 [1] și 12.27 [38]). Capul portcuțite *1* poate avea mai multe cuțite *2*, și este acționat de un electromotor separat avînd o turație de 1000 la 3000 rot/min. La o rotație a piesei, capul portcuțite se deplasează axial cu un pas, urmărind filetul piesei. În ceea ce privește viteza de așchiere și avansul, se utilizează valorile din tabelele 12.8 și 12.9.

Tabelul 12.7

Reglarea strungului pentru filetare

Denumirea filetului	Caracteristica filetului	Pasul filetului, mm	Dimensiunile pasului
Filet metric	pasul, mm	S_x	1...12 mm
Filet în ţoli	N_x = numărul de paşi pe ţol	$S_x = \frac{25,4}{N_x}$	$N_x = 2-24$ paşi pe ţol
Filet modul	m_x = modulul = $= \frac{d^*}{z}$ [mm]	$S_x = \pi \cdot m_x$	$m_x = 0,5-3$ mm
Filet	$DP_x = \frac{z}{d''^{**}}$ numărul de dinţi pe ţol	$S_x = \frac{25,4\pi}{DP_x}$	$DP_x = 96...7$

d^* — diametrul de divizare al melcului, mm,
d''^{**} — diametrul de divizare al melcului, ţoli.

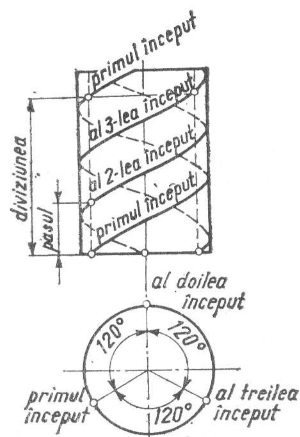


Fig. 12.23. Filet cu trei începuturi [1]

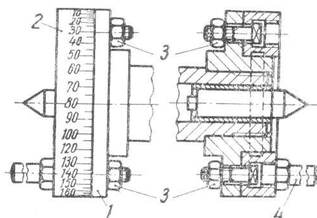


Fig. 12.24. Dispozitiv pentru prelucrarea filetului cu mai multe începuturi [1].

Tabelul 12.8

Valoarea coeficientului C_v şi a avansului recomandat la filetarea în vîrtej [3] şi [24]

Oţel σ_r da N/mm²	55	65	75	85	115
C_v	3180	2690	2330	2060	1380
Avansul s_d, mm	0,8—1,2	0,8—1,2	0,6—1,0	0,4—0,8	0,3—0,6

Tabelul 12.9

Durabilitatea recomandată la filetarea în vîrtej [3] şi [24]

Numărul de cuţite, z	1	2	3	4
Durabilitatea T, min	20	40	60	80

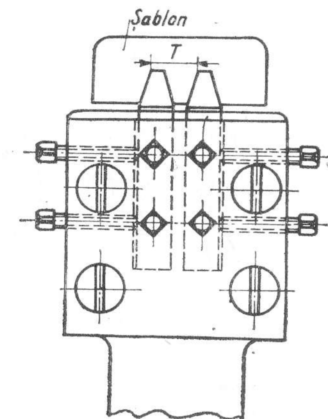


Fig. 12.25. Cap portcuţite pentru prelucrarea filetului cu două începuturi [1]

Strungul de detalonat. *La detalonarea radială*, lanţul cinematic de detalonare (fig. 12.28 [1]), trebuie să asigure mişcarea de rotaţie a piesei (frezei) R_1 şi mişcarea de deplasare a sculei (cuţitului) D_1, ultima fiind realizată de o camă cu z_k proeminenţe, de obicei $z_k = 1$; lungimea cursei de deplasare este egală cu adîncimea c_k a proeminenţelor camei, respectiv adîncimea de detalonare c a frezei. Este necesar să se asigure, de asemenea, o mişcare de divizare. La o rotaţie com-

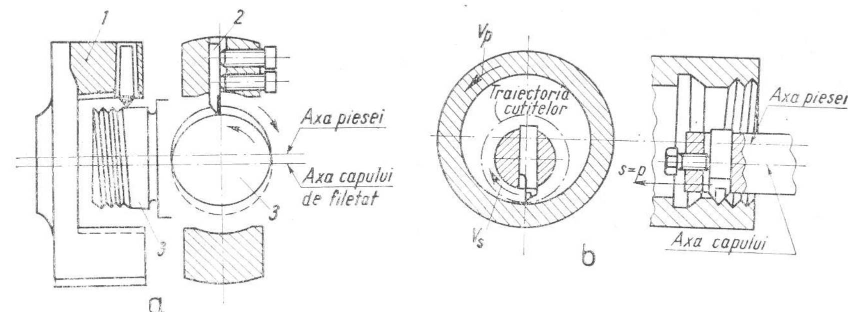


Fig. 12.26. Cap portcuţit pentru prelucrarea rapidă, în vîrtej [1]:
a — filet exterior; *b* — filet interior

pletă a frezei, cama trebuie să se rotească de z/z_k rotaţii complete, z fiind numărul de dinţi ai frezei. Ecuaţia lanţului cinematic de divizare (închis) va fi:

$$z/z_k = n_p i_{5-4} i_{4-6} i_x i_{7-8} \text{ sau } i_x = C_1 z.$$

Lanţul cinematic de acţionare conţine variatorul de reglare i_v şi are ecuaţia:

$$n_p = n_M i_{1-2} i_v i_{3-4} i_{4-5} \text{ sau } i_v = C_2 n_p,$$

în care $n_p = 1000\, v/\pi D$, unde v este viteza de aşchiere, D — diametrul piesei.

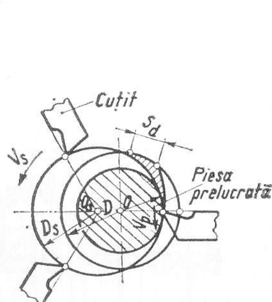


Fig. 12.27. Filetarea în vîrtej a filetului [38]

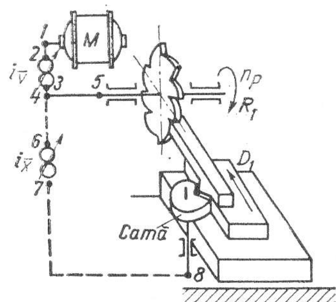


Fig. 12.28. Detalonarea radială [1].

La detalonarea oblică şi axială, în scopul uniformizării mărimii unghiului de aşezare lateral, detalonarea se face oblic, la unghiul ψ (fig. 12.29 [7]), în care caz, traiectoria directoare va fi o elice conică. Unghiul înclinării conului fiind $90° - \psi$. În cazul $\psi = 90°$, detalonarea se face axial (frontal), traiectoria directoare fiind o elice cilindrică.

La detalonarea pe elice, sînt necesare trei mişcări: rotaţia piesei (freza melc etc.) R_1, deplasarea radială a cuţitului D_1 şi deplasarea axială D_2 a acestuia (fig. 12.30 [1]). Cuţitul urmărind elicea E_1, după care sînt dispuşi dinţii frezei melc (fig. 12.31 [7]), va întîlni, în timpul unei rotaţii a frezei, $(1 + P_{E1}/P_{E2})z$ dinţi [7, p. 563], unde $P_{E1,2}$ este pasul elicei E_1, respectiv pasul elicei E_2, corespunzătoare canalului de evacuare a aşchiilor. Ca urmare, cama trebuie să se rotească cu $(1 + P_{E1}/P_{E2})$ (z/z_k) rotaţii. Ecuaţia lanţului de divizare va fi (fig. 12.30 şi 12.31),

$$(1 + P_{E1}/P_{E2})\,(z/z_k) = n_p i_{1-2} i_x i_{3-4} \text{ sau } i_x = C_1(1 + P_{E1}/P_{E2})\,z.$$

Ecuaţia lanţului de urmărire a elicei E_1:

$$P_{E1} = n_p i_{5-6} i_y i_{7-8}\, p \text{ sau } i_y = C_2 P_{E1}.$$

În cazul prelucrării frezelor melc conice, este necesar în plus un lanţ cinematic închis, avînd variatorul i_z, care să asigure avansul transversal pentru realizarea elicei conice (fig. 12.32 [1]).

La detalonarea cu generatoare cilindrică, (detalonare cu avans), sînt necesare două grupuri de mişcări: pentru detalonare radială (divizare) — cu mişcările R_1 şi D_1 şi pentru asigurarea canalului elicoidal — cu mişcările R_2 şi D_2 (fig. 12.33 [1]).

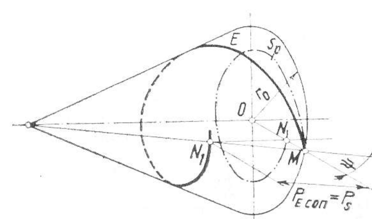


Fig. 12.29. Detalonarea oblică [7]

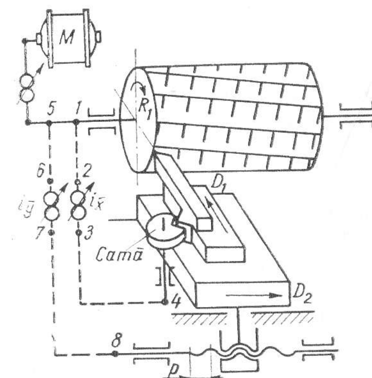


Fig. 12.30. Detalonarea pe elice [1]

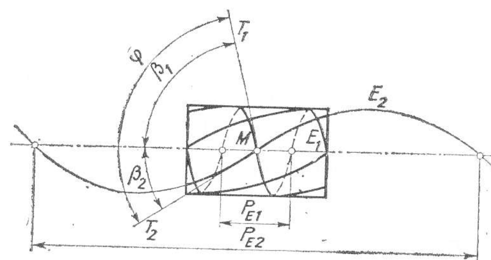


Fig. 12.31. Freza-melc [7]:
E_1 — elicea dinţilor; E_2 — elicea canalelor

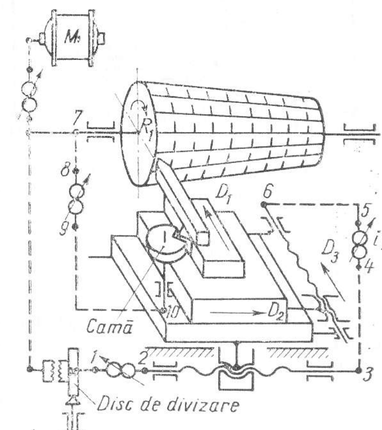


Fig. 12.32. Detalonarea frezei melc conice [1]

Ecuaţia lanţului cinematic închis de divizare este:

$$z/z_k = n_p i_{3-2} i_{2-4} i_x i_{5-6} i_{7-6} i_{7-15} i_{15-16} \text{ sau } i_x = C_1 z.$$

Ecuaţia lanţului cinematic al elicei dinţilor (de pas P_E) este:

$$P_E = n_p i_{3-2} i_{2-4} i_x i_{5-6} i_{6-8} i_y i_{9-10}\, p \text{ sau } i_y = C_2 P_E/i_x = C_3 P_E/z.$$

Ecuaţia lanţului de aşchiere a piesei este:

$$n_p = n_M\, i_v\, i_{2-3} \quad \text{sau} \quad i_v = C_4\, n_p.$$

Ecuaţia lanţului cinematic de acţionare a lanţului închis de generare a elicei este:

$$s = n_p\, i_{14-17}\, i_s\, i_{18-12}\, i_{12-11}\, p \quad \text{sau} \quad i_s = C_5 s.$$

Structura strungului universal de detalonat. Luîndu-se cazul prelucrării frezei melc (fig. 12.34 [1]), legătura între arborele principal şi camă se asigură prin două legături cinematice interioare, cu ajutorul unui mecanism de însumare (diferenţial).

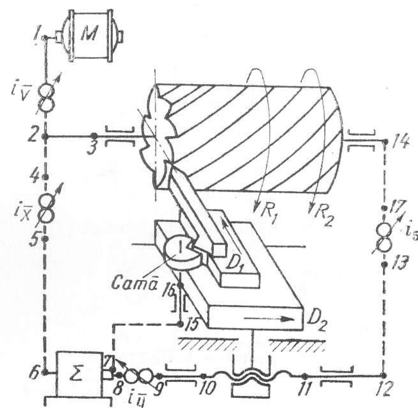


Fig. 12.33. Detalonarea cu generatoare cinematice [1]

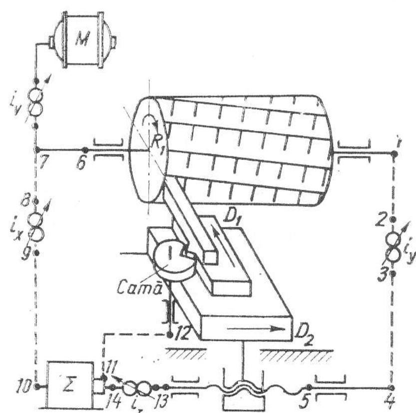


Fig. 12.34. Structura strungului de detalonat [1]

Deoarece, pentru o rotaţie a piesei, cama se roteşte de valoarea $(1+P_{E1}/P_{E2})(z/z_k)$ rotaţii, această mişcare se împarte în două: $n_p \rightarrow z/z_k$ şi $n_p \rightarrow (P_{E1}/P_{E2})\,(z/z_k)$. Prima legătură se asigură prin lanţul cinematic cu variatorul i_x, iar a doua printr-un alt lanţ cinematic, cu variatoarele i_y şi i_z. Ca urmare, legătura cinematică constă din trei lanţuri cinematice, acţionate printr-un lanţ ce cuprinde variatorul i_v. Ecuaţia lanţului cinematic al elicei dinţilor este

$$P_{E1} = n_p\, i_{1-2}\, i_y\, i_{3-4}\, i_{4-5}\, p \quad \text{sau} \quad i_y = C_1 P_{E1},$$

iar ecuaţia lanţului cinematic de divizare este

$$n_k = n_p\, i_{6-7}\, i_{7-8}\, i_x\, i_{9-10}\, i_{10-11}\, i_{11-12} \quad \text{sau} \quad i_x = C_2 z.$$

Ecuaţia lanţului diferenţialului (a mişcării suplimentare), este $zP_{E1}/P_{E2} = n_p\, i_{1-2}\, i_y\, i_{3-4}\, i_{4-5}\, i_{5-13}\, i_z\, i_{14-11}\, i_{11-12}$ sau $i_z = C_3 z/P_{E2}$.

Strungul vertical (carusel). Se construieşte (fig. 12.35 [16]), cu un montant şi traversă mobilă (d = 650–1800 mm), cu doi montanţi şi traversă mobilă (d > 1 800 mm), cu unul sau doi montanţi cu traversă fixă (piese cu înălţime mică: h < 700 mm). În figura 12.36 [16]), se dă principiul de lucru al strungului carusel.

Figura 12.37 [16], reprezintă schema cinematică de principiu a unui strung carusel cu doi montanţi şi traversă mobilă.

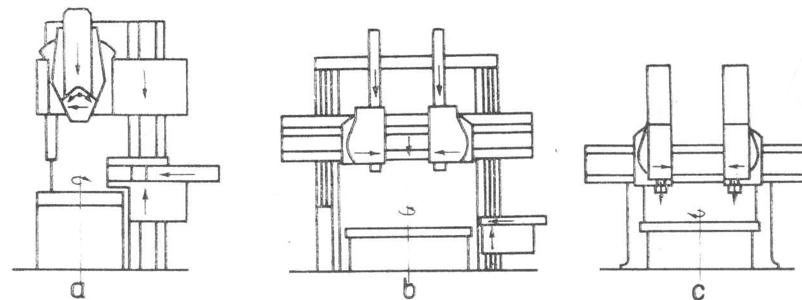


Fig. 12.35. Construcţii de strunguri carusel [16]:
a – cu un montant şi traversă mobilă; *b* – cu doi montanţi şi traversă mobilă; *c* – cu doi montanţi şi traversă fixă

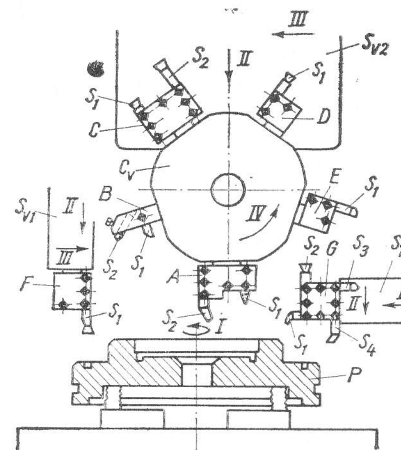


Fig. 12.36. Principiul de lucru al strunguluicarusel [16]

Lanţul principal este M_1 – *1* – *2* – C_v – *3* – z_1/z_2. Din punctul *3* se ramifică mişcările pentru acţionarea celor trei cărucioare: *3 – 5*, *3 – 13* şi *3 – 25*, ajungînd la cutiile de avansuri C_{A1}, C_{A2} şi C_{A3}. La ieşirea din acestea, pentru fiecare cărucior, mişcarea se ramifică asigurînd deplasarea orizontală sau verticală a căruciorului. Pentru poziţionarea cărucioarelor respectiv traversei, există lanţuri cinematice rapide (fără variatoare), acţionate de motoarele M_2, M_3, ... M_8.

Strungul revolver. Permite prelucrarea pieselor din bară fixată în patron, sau a semifabricatelor forjate, matriţate şi turnate, fixate în universal. Prin poziţionarea sculelor, conform planului de operaţii, într-un cap revolver tip „turelă" (fig. 12.38, *a*), cu axa de rotaţie verticală sau înclinată, sau tip „tambur" (fig. 12.38, *b*), cu axa de rotaţie orizontală, se pot repeta fazele de prelucrare pînă la uzura sculelor, fără o reglare între reascuţiri; de aceea este utilizat la fabricaţia de serie mare sau masă [1].

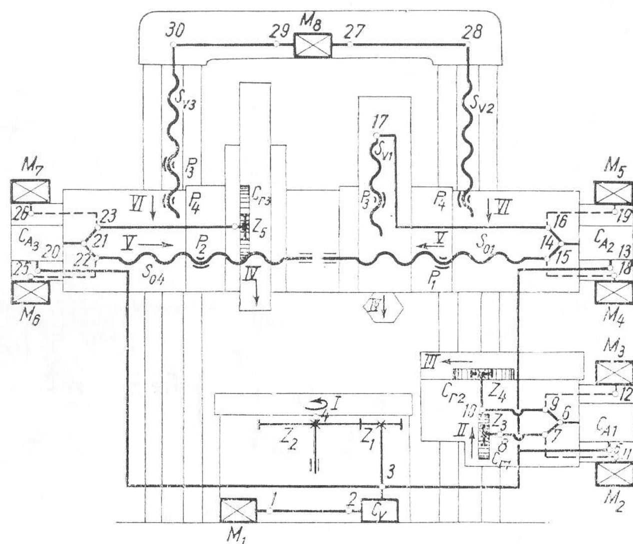


Fig. 12.37. Schema cinematică de principiu a unui strung carusel cu doi montanţi şi traversă mobilă [16]

Prelucrarea se face după principii cinematice similare cu ale strungului normal [7]: directoarea cinematică se obţine prin rotirea piesei de către lanţul cinematic principal $C_v\ 1-2$ (fig. 12.38), iar generatoarea cinematică se realizează prin lanţul cinematic de avans longitudinal: $C_v - 3 - C_A - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10$, sau transversal: $C_v - 3 - C_A - 4 - 11 - 12 - p_y$.

Ecuaţiile parametrilor cinematici:

$n = n_{M1}\, i_{cv}\, i_1\, i_2$ [rot/min],

$s'_x = n_{M1}\, i_{cv}\, i_3\, i_{CA}\, i_4 i_5 i_6 i_7 i_8\, \pi D_9$ [mm/min] sau $s_x = s'_x/n$ [mm/rot],

$s'_y = n_{M1}\, i_{cv}\, i_3\, i_{CA}\, i_4 i_{11} i_{12}\, p_y$ [mm/min] sau $s_y = s'_y/n$ [mm/rot],

$s'_{x\,rap} = n_{M2}\, i_{13} i_7 i_8\, \pi D_9$ [mm/min],

$s'_{y\,rap} = n_{M2}\, i_{13} i_7\, [1/(i_6 i_5 i_4)]\, i_{11} i_{12}\, p_y$ [mm/min],

în care n este turaţia arborelui principal, $s'_{x,y}$ — viteza de avans longitudinal respectiv transversal, D_9 — diametrul de rulare al pinionului *9* pentru avansul longitudinal, p_y — pasul şurubului conducător transversal.

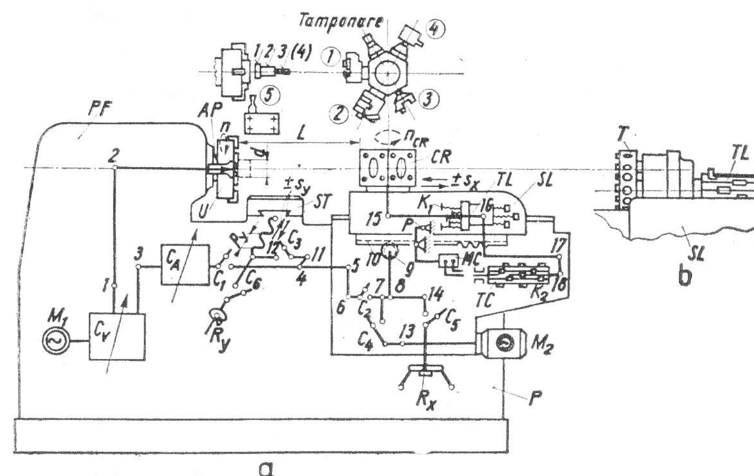


Fig. 12.38. Schema cinematică a strungului revolver

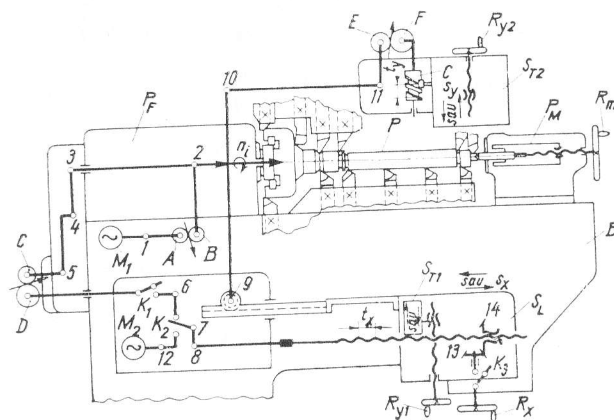


Fig. 12.39. Schema cinematică principială a unui strung semiautomat de profilat şi strunjit longitudinal

Strunguri automate şi semiautomate. *Strungurile semiautomate de profilat şi strunjit longitudinal*, fig. 12.39, folosesc mai multe cuţite. Ecuaţii cinematice:

— mişcarea principală, rotirea piesei P de către electromotorul M_1,

$$n_i = n_{M1}\, i_1\, (A/B)\, i_2 \text{ [rot/min]};$$

— mişcările pentru avansul de lucru longitudinal şi transversal sînt:

$$s'_x = n_{M1}\, i_1\, (A/B)\, i_2 i_3 i_4 i_5\, (C/D) i_6 i_7 i_8 t_x \text{[mm/min]} \text{ sau } s_x = s'_x/n_i \text{ [mm/rot] şi}$$

$$s'_y = n_{M1}\, i_1\, (A/B)\, i_2 i_3 i_4 i_5\, (C/D) i_6 i_7 i_8 t_x [1/(\pi m_9 z_9)] i_{10} i_{11} (E/F) t_y \text{ [mm/min]}$$

$$\text{sau } s_y = s'_y/n_i \text{ [mm/rot]};$$

— **mişcările auxiliare** pentru deplasările rapide de apropiere, îndepărtare şi poziţionare a săniilor faţă de piesă sînt:

$$s_{xr} = n_{M2} i_{12} i_7 i_8 t_x \text{ [mm/min]},$$

$$s_{yr} = n_{M2} i_{12} i_7 i_8 t_x\, [1/(\pi m_9 z_9)]\, i_{10} i_{11} (E/F) t_y \text{ [mm/min]}.$$

În aceste ecuaţii, $S_{x,y}$ reprezintă avansul longitudinal respectiv transversal; A, B — roţi de schimb pentru mişcarea principală; C, D, E şi F — roţi de schimb pentru

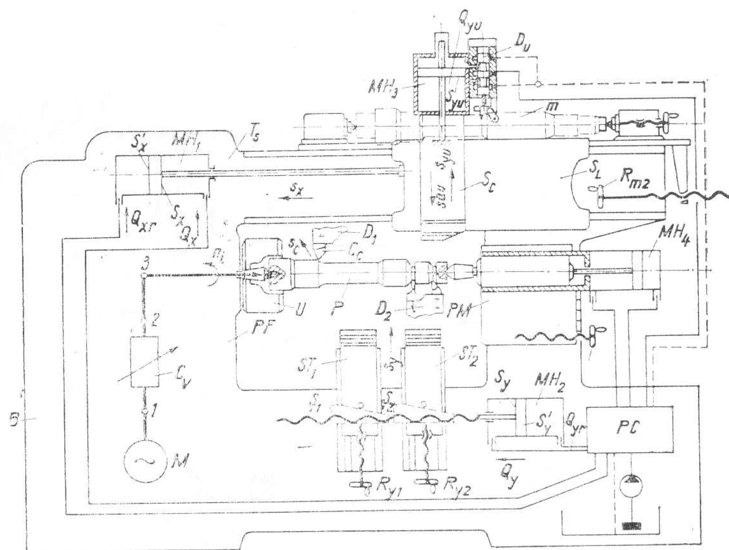


Fig. 12.40. Schema cinematică principială a strungului de copiere.

mişcările de avans; t_x — pasul şurubului conducător; t_y — pasul camei cilindrice transversale; m_9, z_9 — modulul, respectiv numărul de dinţi ai roţii *9*.

Pentru acţionarea şi reglarea manuală a maşinii, servesc roţile de mînă R_x, R_{y1}, R_{y2} şi R_m.

Strunguri de copiere. În figura 12.40, se dă schema cinematică a acestor strunguri. Mişcarea principală, în general, se realizează sub acţiunea unui electromotor M; variatorul de turaţii C_v poate fi cu reglare în trepte sau cu reglare continuă. Mişcările pentru avansurile de lucru S_c, S_y cît şi pentru deplasările auxiliare, sînt produse şi comandate hidraulic. Elementele sistemului sînt coordonate de la un panou central PC iar mişcarea este dată de motoarele hidraulice MH_1, MH_2, MH_3 şi MH_4. Ecuaţii cinematice:

— mişcarea principală

$$n_i = n_M i_1 i_{Cv} i_2 i_3 \text{ [rot/min]};$$

— mişcarea de copiere S_c se compune din mişcarea de transport cu viteza de avans s_x şi din mişcarea de urmărire cu viteza de avans s_{yu}

$$s_x = Q_x/S_x \text{ [mm/min]};\; s_{yu} = Q_{yu}/S_{yu} \text{ [mm/min]};\; s_c = \sqrt{s_x^2 + s_{yu}^2} \text{ [mm/min]};$$

— mişcarea pentru avansul transversal s_y

$$s_y = (Q_y/S_y)\, h_y \text{ [mm/min]};$$

— mişcările auxiliare pentru deplasările rapide

$$s_{xr} = Q_{xr}/S'_x \text{ [mm/min]},\; s_{yr} = (Q_{yr}/S_y)\, h_y \text{ [mm/min]}.$$

În aceste ecuaţii Q_x, Q_{yu}, Q_y sînt debitele de alimentare pentru avansurile de lucru al motoarelor hidraulice MH_1, MH_2, MH_3; Q_{xr} şi Q_{yr} sînt debitele de alimentare a motoarelor pentru deplasările rapide; S_x, S_{xr}, S_y, S_{yr} şi S_{yu} sînt suprafeţele active ale pistoanelor de la motoarele hidraulice MH_1, MH_2 şi MH_3; h_y este panta de ridicare a şabloanelor S_1 şi S_2.

Pentru acţionarea şi reglarea manuală a maşinii-unelte, servesc roţile de mînă R_{y1}, R_{y2}, R_{m1} şi R_{m2}.

Unele tipuri de strunguri de copiere sînt prevăzute cu sisteme complexe electrohidraulice de comandă după program.

Strunguri semiautomate multiaxe cu prelucrare succesivă. Se construesc orizontal sau vertical, cu cinci, şase, opt sau doisprezece arbori de lucru.

În figura 12.41, se dă schema cinematică principială şi de lucru în cazul unei construcţii verticale.

Maşina-unealtă are o sursă de acţionare centrală şi derivaţii ale lanţului cinematic care asigură acţionarea independentă pentru fiecare post de lucru, atît sub raportul mişcării principale, cît şi celei de avans. Ecuaţii cinematice:

— mişcarea principală

$$n_i = n_{M1} i_1 i_2 (A/B) i_3 i_4 \text{ [rot/min]};$$

— mişcarea de avans are ca sursă de acţionare electromotorul M_1 şi, prin *1—2—A—B—5—C—D—6*, se ajunge la cama C_A, de unde, prin bara b, se acţionează direct sania axială S_A sau, prin *9—10—11*, sania radială S_R astfel,

$$s'_x = n_{M1} i_1 i_2 (A/B) i_5 (C/D) i_6 h_{CA} \text{ [mm/min] sau } s_x = s'_x/n_i \text{ [mm/rot]},$$

$$s'_y = n_{M1} i_1 i_2 (A/B) i_5 (C/D) i_6 h_{CA} \text{ [mm/min] sau } s_y = s'_y/n_i \text{ [mm/rot]}.$$

Transferul arborilor de lucru dintr-un post de lucru în următorul, pentru desfăşurarea prelucrării succesive a piesei, se face sub acţiunea lanţului cinematic auxiliar acţionat de către electromotorul M_2, şi anume, coroana dinţată *13* este acţionată intermitent prin elementele *7—K_3—8* şi *12*, rotind astfel cu un anumit unghi masa indexată M.

Strunguri automate monoaxe pentru retezat şi strunjit longitudinal. Se caracterizează prin lanţuri cinematice simple pentru mişcarea principală şi mişcările de avans şi auxiliare, formînd o grupă unitară de maşini-unelte care dispun de un singur arbore de distribuţie cu turaţie constantă (pentru cazul reglat), care, pentru un ciclu de lucru complet, se roteşte cu 360°. De asemenea, caracteristic este şi faptul că semifabricatul,

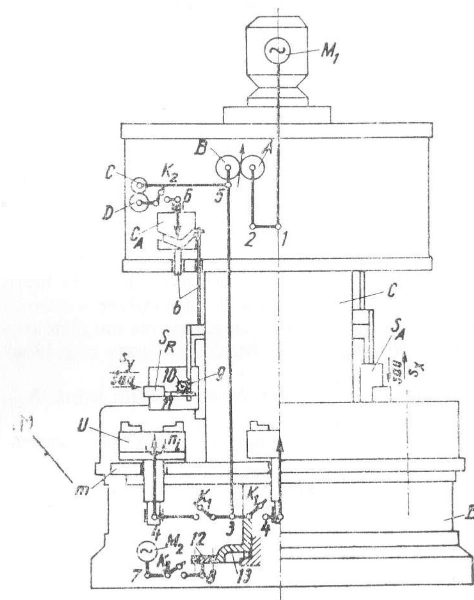


Fig. 12.41. Schema cinematică principială a unui strung semiautomat multiax, cu prelucrare succesivă

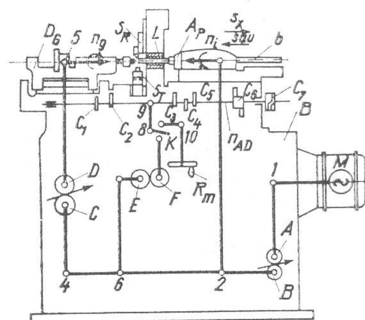


Fig. 12.42. Schema cinematică principială a unui strung automat monoax pentru retezat şi strunjit longitudinal

în faza de strunjire longitudinală, pe lîngă mişcarea de rotaţie execută şi o mişcare de avans longitudinal, împreună cu arborele principal. În figura 12.42, se dă schema principială cinematică şi constructivă a acestuia. Sculele fixate în suporturile transversale şi radiale (fig. 12.43 [6]), pot efectua numai deplasări transversale, fapt care reclamă aducerea semifabricatului în zona de lucru, în faze succesive, iar în cazul strunjirii longitudinale, cu deplasare continuă corespunzătoare vitezei de avans s'_x. Ecuaţii cinematice:

1) mişcarea principală

$$n_i = n_M i_1 (A/B)\ i_2 i_3 \text{ [rot/min]};$$

2) mişcarea pentru găurirea rapidă

$$n_g = n_M i_1 (A/B)\ i_4 (C/D)\ i_5 \text{ [rot/min]};$$

3) mişcarea pentru realizarea avansurilor;

— avansul longitudinal

$$s'_x = n_M i_1 (A/B)\ i_6 i_7 (E/F)\ i_8 i_9 h_{C7} \text{ [mm/min]} \quad \text{sau} \quad s_x = s'_x / n \text{ [mm/rot]};$$

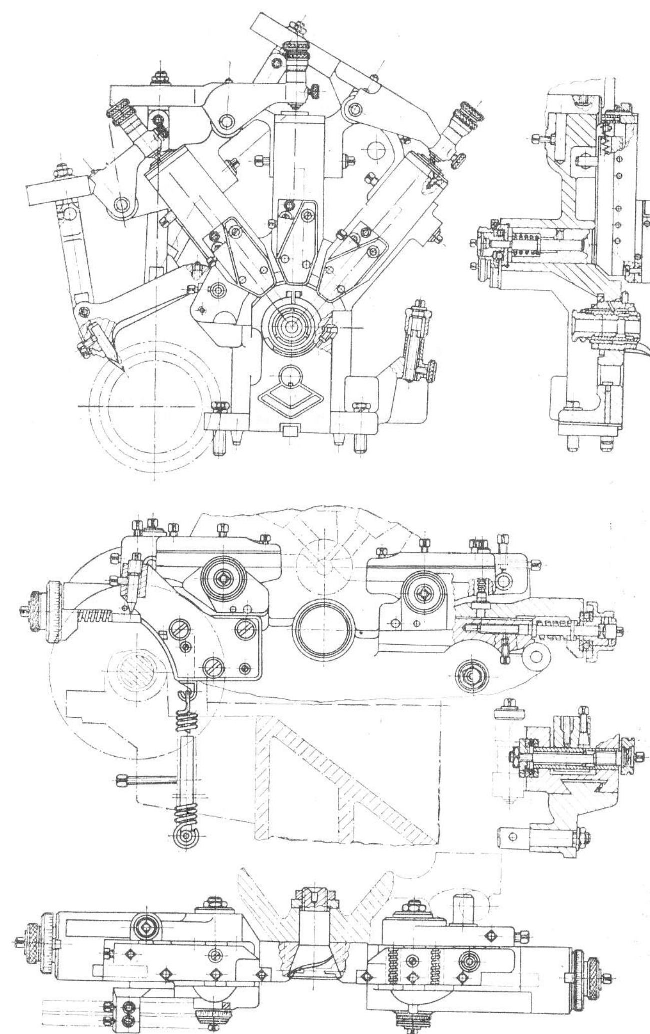


Fig. 12.43. Schema de fixare a sculelor [6]

— avansul radial

$$s'_{yR} = n_M i_1(A/B)\ i_6 i_7(E/F)\ i_8 i_9 h_{C3,4,5}\ \text{[mm/min] sau}\ s_{yR} = s'_{yR}/n\ \text{[mm/rot]};$$

— avansul transversal

$$s'_{yT} = n_M i_1(A/B)\ i_6 i_7(E/F)\ i_8 i_9 h_{C2}\ \text{[mm/min] sau}\ s_{yT} = s'_{yT}/n_i\ \text{[mm/rot]};$$

— avansul pentru găurirea rapidă

$$s'_{xG} = n_M i_1(A/B)\ i_6 i_7(E/F)\ i_8 i_9 h_{C1}\ \text{[mm/min]},$$

sau $s_{xG} = s'_{xG}/(n_i + n_g)$ [mm/rot];

— turaţia arborelui de distribuţie

$$n_{AD} = n_M i_1(A/B)\ i_6 i_7(E/F)\ i_8 i_9\ \text{[rot/min]}.$$

În aceste ecuaţii n_g este turaţia arborelui de găurire rapidă, $ABCDEF$ — numărul de dinţi ai roţilor de schimb respective, $h_{C1...7}$ — panta camelor $C_{1...7}$ mm/rot. Valoarea raportului de transfer pentru E/F se alege astfel încît $n_{AD} = 1/T$, în care T este timpul total necesar pentru executarea unei piese (un ciclu tehnologic). Determinarea lui T se face prin însumarea timpilor de bază nesuprapuşi t_{bi}, rezultaţi la executarea unei piese, şi a tuturor timpilor ajutători t_{ai}, adică $T = \sum_{i=1}^{n} (t_{bi} + t_{ai})$. Calculul timpilor de bază t_{bi} se face pe baza planului de desfăşurare a fazelor de executare a piesei, (fig. 12.44 [49]).

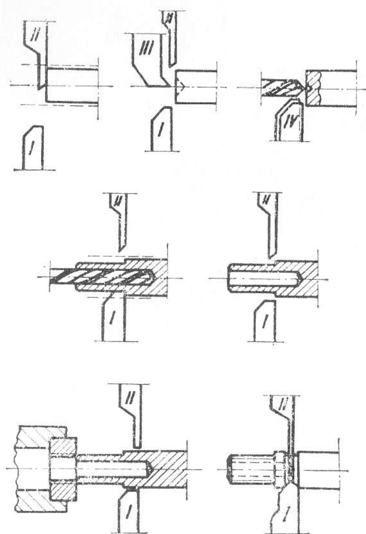


Fig. 12.44. Planul cu fazele de prelucrare [49]

Acest plan constituie, în acelaşi timp, baza de plecare a proiectării camelor cu care se înzestrează maşina-unealtă de fiecare dată cînd se prelucrează un nou tip de piesă.

Acţionarea maşinii în faza de reglare se face pe cale manuală, cu ajutorul roţii de mînă R_m (fig. 12.42).

Strunguri automate monoaxe cu cap revolver. În fig. 12.45, se dă schema principială cinematică şi constructivă. Ecuaţii cinematice:

1) mişcarea principală

$$n_{i1} = n_M i_1(A/B)\ i_2 i_3\ \text{[rot/min] (sens normal)},$$

$$n_{i2} = n_M i_1(A/B)\ i_4 i_5 i_6\ \text{[rot/min] (sens invers)};$$

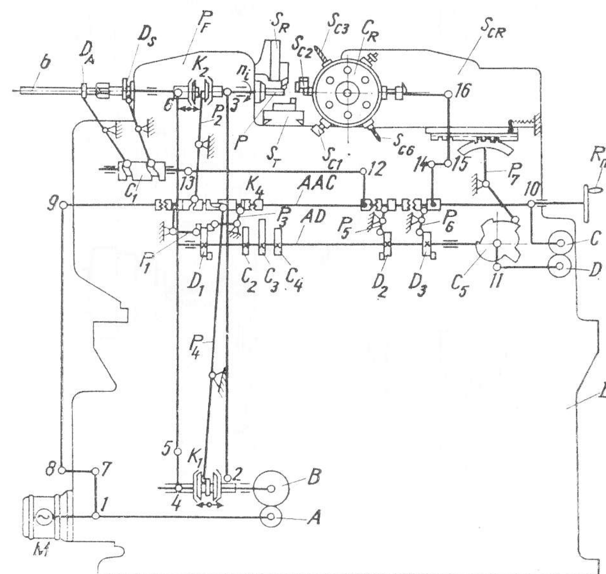


Fig. 12.45. Schema cinematică principială a strungului monoax, cu cap revolver

2) mişcarea pentru realizarea avansurilor;

— avansul longitudinal

$$s'_x = n_M i_1 i_7 i_8 i_9 i_{10}(C/D)\ i_{11} h_{C5}\ \text{[mm/min] sau}\ s_x = s'_x/n_{i1}\ \text{[mm/rot]};$$

— avansul radial

$$s'_y = n_M i_1 i_7 i_8 i_9 i_{10} i_{11} h_{C2}\ \text{[mm/min] sau}\ s_{yR} = s'_{yR}/n_{i1}\ \text{[mm/rot]};$$

— avansul transversal

$$s'_{yT} = n_M i_1 i_7 i_8 i_9 i_{10} i_{11} h_{C3,4}\ \text{[mm/min] sau}\ s_{yT} = s'_{yT}/n_{i1}\ \text{[mm/rot]};$$

3) mişcarea pentru arborele auxiliar de comandă

$$n_{AAC} = n_M i_1 i_7 i_8 i_9 \text{ [rot/min]}.$$

În aceste ecuaţii n_{AAC} este turaţia arborelui auxiliar de comandă, A, B, C şi D — numărul de dinţi ai roţilor de schimb respective, $h_{C2...5}$ — panta camelor $C_{2...5}$ [mm/rot]. Valoarea raportului de transfer al roţilor de schimb C şi D se determină prin relaţia $n_{AD} = 1/T = n_M i_1 i_7 i_8 i_9 i_{10} \cdot (C/D)\, i_{11} = q(C/D)$, în care $q = n_M i_1 i_7 i_8 i_9 i_{10} i_{11} = \text{const.}$, iar

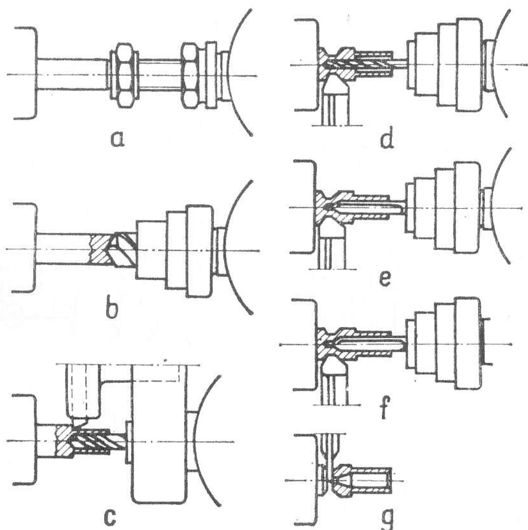


Fig. 12.46. Planul de desfăşurare a fazelor de execuţie [49]

T — timpul total necesar pentru executarea unei piese (durata unui ciclu tehnologic): $T = \sum_{i=1}^{n} (t_{bi} + t_{ai})$. Pentru determinarea timpilor t_{bi} se întocmeşte planul de desfăşurare a fazelor de execuţie a pieselor (fig. 12.46 [49]), care constitue în acelaşi timp şi baza proiectării camelor cu care se înzestrează maşina-unealtă de fiecare dată cînd se prelucrează un nou tip de piesă.

Strunguri automate multiaxe orizontale. În figura 12.47, se dă schema principială cinematică şi constructivă. Prelucrarea pieselor are loc prin trecerea succesivă a fiecărui arbore principal în dreptul fiecăruia din posturile de lucru *I, II, ..., VIII*, sub acţiunea mecanismului cruce de Malta CM. Piesele, astfel permutate, suferă prelucrările fazelor prevăzute pentru fiecare post de lucru. Ecuaţii cinematice:

1) mişcarea principală

$$n_i = n_{M1} i_1 i_2 i_3 i_4 (A/B)\ i_5 i_6 \text{ [rot/min]};$$

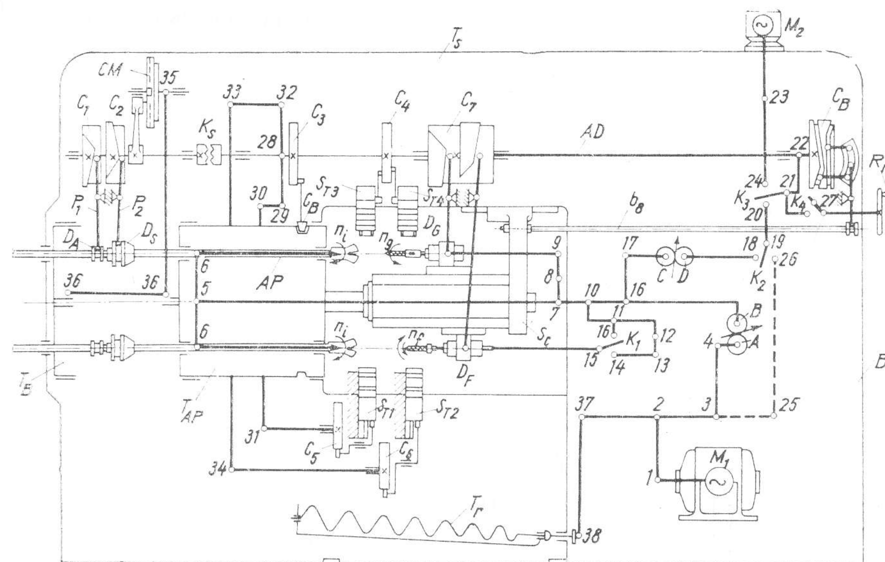


Fig. 12.47. Schema cinematică principială a strungului automat multiax, orizontal

2) mişcarea pentru găurire

$$n_g = n_{M1} i_1 i_2 i_3 i_4 (A/B)\ i_7 i_8 i_9 \text{ [rot/min]};$$

3) mişcarea pentru filetare

$$n_f = n_{M1} i_1 i_2 i_3 i_4 (A/B)\ i_{10} i_{11} i_{12} i_{13} i_{14} i_{15} \text{ [rot/min]};$$

4) mişcarea pentru realizarea avansurilor;
— avansul de lucru al saniei centrale

$$s'_x = n_{M1} i_1 i_2 i_3 i_4 (A/B)\ i_{16} i_{17} (C/D)\ i_{18} i_{19} i_{20} i_{21} i_{22} h_{C8} \text{ [mm/min]}$$

$$\text{sau } s_x = s'_x / n_i \text{ [mm/rot]};$$

— avansul de lucru al saniei transversale superioare,

$$s'_{yT} = n_{AD} h_{C4} \text{ [mm/min] sau } s_{yT} = n_{AD} h_{C4} / n_i \text{ [mm/rot]},$$

în care $n_{AD} = n_{M1} i_1 i_2 i_3 i_4 (A/B)\ i_{16} i_{17} (C/D)\ i_{18} i_{19} i_{20} i_{21} i_{22}$;

— avansul de lucru al saniei inferioare:

$$s'_{yT1} = n_{AD} i_{23} i_{29} i_{30} i_{31} h_{C5} \text{ [mm/min] sau } s_{yT1} = s'_{yT1} / n_i \text{ [mm/rot]},$$

$$s'_{yT2} = n_{AD} i_{28} i_{32} i_{33} i_{34} h_{C6} \text{ [mm/min] sau } s_{yT2} = s'_{yT2} / n_i \text{ [mm/rot]};$$

— avansul rapid al săniilor de lucru are loc pentru o turație rapidă și constantă a arborelui de distribuție, care se determină cu relația:

$$n_{ADr} = n_{M2} i_{23} i_{24} i_{21} i_{22} \text{ [rot/min]},$$

în care n_g este turația pentru găurire, n_f — turația pentru filetare, A, B, C și D — numărul de dinți ai roților de schimb respective, $h_{C_4 \ldots 8}$ — panta camelor $C_{4 \ldots 8}$ [mm/rot].

Determinarea valorii turației arborelui de distribuție n_{AD}, pentru fazele de lucru, se face cu relația $n_{AD} = 1/T_b = p(C/D)$, în care $p = n_{M1} i_1 i_2 i_3 i_4 (A/B)\ i_{16} i_{17} i_{18} i_{19} i_{20} i_{21} i_{22}$, iar T_b — timpul de bază total nesuprapus, necesar executării unei piese (de obicei corespunde cu valoarea timpului de bază al fazei de lucru cu durata cea mai lungă). Pentru determinarea timpului T_b, și pentru reglarea poziției suporturilor portscule (la aceste tipuri de automate nu se schimbă camele odată cu felul piesei prelucrate — utilizîndu-se came tipizate), se elaborează planul de desfășurare a procesului de prelucrare pe posturi de lucru și faze.

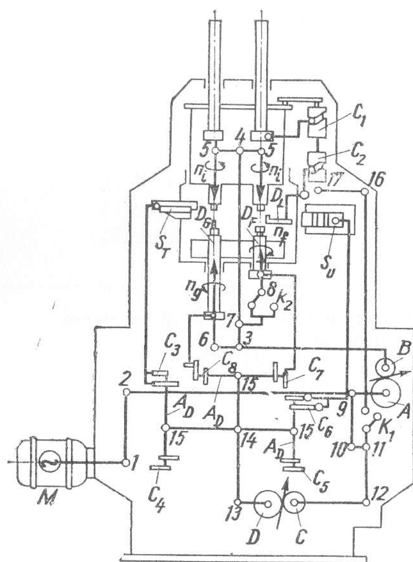


Fig. 12.48. Schema cinematică principială a strungului automat multiax, vertical

Strunguri automate multiaxe verticale. Prezintă aceleași caracteristici constructive și cinematice ca și cele orizontale, deosebirea funcțională constînd în faptul că poziția arborilor principali și a dispozitivelor axiale este verticală, precum și faptul că lipsește total dispozitivul de avansare a semifabricatului, deoarece acesta avansează pînă la limitatorul de dozare prin greutatea proprie. În fig. 12.48, se dă schema principială cinematică și constructivă a unui asemenea strung.

12.21.2. PARAMETRII OPERAȚIEI DE STRUNJIRE. **Precizia de prelucrare.** La degroșare, se obține calitatea 11 ISO în cazul arborilor și calitatea 10 ISO la prelucrarea alezajelor, iar rugozitatea $R_a = 50$ μm. La finisare, se obține calitatea 10 ISO pentru arbori și 9 ISO pentru alezaje, iar rugozitatea Ra este 1,6 . . . 6,3 μm. La strunjirea cu diamant, se obține calitatea 6 ISO.

După Comisia de Așchierea metalelor din URSS rugozitatea se calculează aproximativ cu formulele:

$$\text{— pentru oțel, } R_{max} = 0{,}21\ s^{1,07}/r^{0,65} \text{ [mm]}, \qquad (12.36)$$

$$\text{— pentru fontă, } R_{max} = 0{,}189\ s^{1,1}/r \text{ [mm]}. \qquad (12.37)$$

La prelucrarea canalelor, se obține rugozitatea Ra 6,3...25 μm.

În cazul prelucrării cu cuțit avînd $\alpha_1 = 0$ (după geometria Kolesov), se obține rugozitatea R_a 3,2...12,5 μm, pentru avansul s = 2,5...2,7 mm/rot.

Forțele de așchiere. Se calculează cu formulele (12.6)...(12.8), în care k_z se determină cu relația (12.23). Valorile coeficienților, exponenților și coeficienților de corecție se dau în tabelele 12.10...12.19 [67] [3] [24]. În ceea ce privește valoarea exponentului n_F, acesta se ia din tabelul 12.27.

În cazul prelucrării cu cuțite după geometria Kolesov, forța de așchiere se calculează cu formula $F_z = 385\ t^{0,9} s^{0,9}/v^{0,15}$ [daN].

Tabelul 12.10

Coeficienții forțelor de așchiere $F_z = C_{Fz} t_s^{0.75} k_z$, $F_x = C_{Fx} \cdot t^{1,2} s^{0,55} k_x$ și $F_y = C_{Fy} t^{0,9} s^{0,75} k_y$ (după BNT v MS SSSR) pentru scule din oțel rapid

Materialul prelucrat	C_{Fz}	C_{Fx}	C_{Fy}
Oțel și oțel turnat			
σ_r = 35 daN/mm²	140	19	27
σ_r = 55 daN/mm²	165	42	67
σ_r = 75 daN/mm²	200	67	125
Fontă cenușie			
HB 150	80	28	59
HB 190	100	40	88
HB 270	115	52	120
Fontă maleabilă			
HB 110	100	39	88
HB 150	115	51	119
HB 200	140	66	188

Observație. Pentru carburi metalice: C_{Fz} = 300 pentru oțel σ_r = 75 daN/mm²
C_{Fz} = 92 pentru fontă cenușie HB 190
C_{Fz} = 81 pentru fontă maleabilă HB 150

Tabelul 12.11

Coeficientul de corecție în funcție de starea și grupa materialului k_{CF}

Starea și grupa materialului		k_{CF}
Oțeluri trase la rece		0,80
Oțeluri laminate la cald, recoapte, normalizate și tratate termic		1,0
Aluminiu și siluminiu		0,20
Duraluminiu	$\sigma_r = 25$ daN/mm²	0,30
	$\sigma_r = 35$ daN/mm²	0,40
	$\sigma_r > 35$ daN/mm²	0,55
Electron	$\sigma_r = 16$ daN/mm²	0,15

Observație. Coeficienții de corecție pentru aliajele de aluminiu și de magneziu se iau pentru oțel laminat la cald cu $\sigma_r = 70-80$ daN/mm².

Tabelul 12.12

Coeficientul de corecție în legătură cu proprietățile mecanice ale materialului $k_{MFz, x, y}$

Oțel și Oțel turnat	σ_r daN/mm²	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90	90–100	100–110	110–120
	k_{MFz}	0,69	0,76	0,82	0,89	1,0	1,1	1,18	1,28	1,36
	k_{MFx}	0,28	0,47	0,63	0,81	1,0	1,22	1,40	1,61	1,84
	k_{MFy}	0,22	0,36	0,54	0,76	1,0	1,29	1,57	1,89	2,24

Fontă cenușie	HB	140–160	160–180	180–200	200–220	220–240	240–260	260–280
	k_{MFz}	0,88	0,94	1,0	1,06	1,12	1,17	1,22
	k_{MFx}	0,77	0,89	1,0	1,12	1,24	1,36	1,48
	k_{MFy}	0,74	0,86	1,0	1,13	1,28	1,40	1,58

Fontă maleabilă	HB	100–120	120–140	140–160	160–180	180–200
	k_{MFz}	0,84	0,92	1,0	1,07	1,14
	k_{MFx}	0,71	0,85	1,0	1,15	1,30
	k_{MFy}	0,67	0,83	1,0	1,17	1,36

Aliaje de cupru	Materialul	Eterogene		De plumb, cu structură de bază eterogenă	Omogene	Cu conținut de plumb sub 10% cu structură de bază omogenă	Cupru	Cu conținut de cupru peste 15%
		Duritate mare	Duritate medie					
	k_{MFz}	0,75	1,0	0,62	1,8–2,2	0,65–0,70	1,7–2,1	0,25–0,45

Tabelul 12.13

Coeficientul de corecție $k\varkappa_{Fz, x, y}$ **pentru scule din oțel rapid**

	Materialul prelucrat	$\varkappa°$						
		10	20	30	45	60	75	90
$k_{\varkappa Fz}$	Oțel, oțel turnat, aliaje de aluminiu și magneziu	1,32	1,16	1,08	1,0	0,98	1,03	1,08
	Fontă	—	—	1,05	1,0	0,96	0,94	0,92
	Aliaje de cupru	—	—	—	1,04	1,0	0,98	0,96
$k_{\varkappa Fx}$	Oțel, oțel turnat	—	—	0,70	1,0	1,27	1,51	1,82
	Fontă	—	—	0,63	1,0	1,11	1,20	1,28
$k_{\varkappa Fy}$	Oțel, oțel turnat	—	—	1,63	1,0	0,71	0,54	0,44
	Fontă	—	—	1,23	1,0	0,87	0,77	0,70

Tabelul 12.14

Coeficientul $k_{\gamma Fz}$

$\gamma°$	−15	−10	−5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30
$k_{\gamma Fz}$	1,4	1,3	1,23	1,13	1,06	1,00	0,94	0,89	0,83	0,77

Tabelul 12.15

Coeficientul $k_{h\ Fz}$

Materialul prelucrat	Scule din oțel rapid				Scule cu carburi metalice	
	Uzura pe fața de așezare h_α, mm					
	4,0	2,0	1,0	0,5	0,8–1,0	1,5–2,0
	Coeficientul $k_{h\ Fz}$					
Oțel, oțel turnat	—	1,0	0,95	0,93	1,0	1,05
Fontă cenușie	1,0	0,83	0,82	—	1,0	1,05

Tabelul 12.16

Coeficientul $k_{W\ Fz}$

Felul prelucrării	$k_{W\ Fz}$
Prelucrare uscată	1,0
Emulsie	0,9
Ulei mineral	0,9
Ulei sulfonat cu baza minerală	0,8
Ulei sulfonat cu baza vegetală	0,7

Tabelul 12.17

Coeficientul $k_{rFz,\ y}$

Materialul prelucrat	r					r				
	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0
	$k_{r\ Fz}$					$k_{r\ Fy}$				
Oţel, oţel turnat	0,87	0,93	1,0	1,04	1,10	0,65	0,81	1,0	1,13	1,32
Fontă	0,91	0,95	1,0	1,03	1,07	0,76	0,87	1,0	1,08	1,20

Tabelul 12.18

Coeficientul $k_{v\ Fz}$

Materialul prelucrat	Viteza de aşchiere v, m/min.							
	$\leqslant 50$	100	150	200	250	300	400	$\geqslant 500$
	Coeficientul $k_{v\ Fz}$							
Oţel (pentru $\gamma > 0$)	1,00	0,89	0,83	0,79	0,76	0,73	0,70	0,67
Fontă cenuşie	1,00	0,98	0,90	0,86	0,83	0,80	—	—

Tabelul 12.19

Coeficientul de corecţie pentru cuţite profilate $k_{f\ Fx,y}$

Materialul prelucrat	Forma muchiei tăişului			
	Coeficientul $k_{f\ Fx,y}$			
Oţel	0,85	0,90	1,0	1,05

Regimul de aşchiere. Se va considera prelucrarea unui arbore (fig. 12.49):

— Adîncimea de aşchiere $t = (D-D_1)/2$ [mm].

— Avansul se calculează luînd **în** considerare [38, p. 244]: rezistenţa piesei $s \leqslant \sqrt[x_{Fz}]{F_p/(1,12C_{Fz}t^{y_{Fz}})}$ [mm/rot], unde $F_p = 4\ \sigma_a W/l$, $W \approx 0,1\ D_1^3$, σ_a fiind rezistenţa admisibilă la încovoiere; rigiditatea piesei, conform (12.26); rezistenţa mecanismului de avans al strungului $s \leqslant \sqrt[x_{Fz}]{F_{mu}/(0,34\ C_{Fz}t^{x_{Fz}})}$ [mm/rot]; rugozitatea — conform (12.36) şi (12.37) $s \leqslant \sqrt[1,07]{R_{max}\ r^{0,65}/0,21}$ [mm/rot] (pentru oţel), $s \leqslant \sqrt[1,1]{R_{max} r/0,189}$ [mm/rot] (fontă). Se adoptă valoarea minimă.

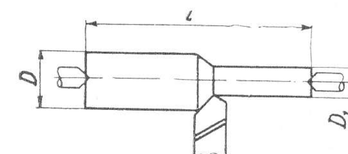


Fig. 12.49. Strunjirea unui arbore.

— Viteza de aşchiere, conform (12.34) respectiv tabelul 12.3, în care k_v se determină cu relaţia (12.24). Valorile coeficienţilor, exponenţilor şi coeficienţilor de corecţie se dau în tabelele 12.20...12.33.

În cazul prelucrării cu cuţite după geometria Kolesov, viteza de aşchiere se calculează cu formulele [3] $v = 290/(T^{0,18}t^{0,3}s^{0,15})$ pentru $t \leqslant s$; $v = 290/(T^{0,18}t^{0,15}s^{0,3})$ pentru $t > s$.

Tabelul 12.20

Coeficienții și exponenții pentru calculul vitezei de așchiere cu formula $v = C_v k_v / (T^m t^{y_v} s^{x_v})$ [m/min]

Materialul prelucrat	Felul prelucrării	Materialul sculei	Adîncimea de așchiere t, mm și avansul s, mm/rot	Valoarea coeficienților și exponenților C_v	Y_v	X_v	m	Durabilitatea T, mm
Oțel de construcție $\sigma_r = 75 \frac{daN}{mm^2}$	Strunjire exterioară longitudinală	P 30	$s < 0,3$	273	0,15	0,20	0,20	60
			$s = 0,3-0,75$	227		0,35		
			$s > 0,75$	221		0,45		
	Idem	P 10	$t \leqslant s$	292	0,3–0,15	0,15–0,3	0,18	45
	Retezare	P 30	—	47	0	0,83	0,20	60
Fontă cenușie HB 190	Strunjire exterioară longitudinală	K 30	$s \leqslant 0,4$	293	0,15	0,20	0,20	60
			$s > 0,4$	243		0,40		
		K 30	$t \leqslant s$	324	0,40	0,20	0,28	30
			$t > s$		0,20	0,40		
	Retezare	K 30	—	68,5	0	0,40	0,20	60
	Rabotare – Plană	K 40	—	162	0,15	0,40	0,20	120
	Rabotare – Canelare		—	38,2	0			
Fontă maleabilă HB 150	Strunjire longitudinală	K 40	$t < 2$, $s \leqslant 0,4$	317	0,15	0,20	0,20	60
			$t \geqslant 2$	215	0,15	0,45	0,20	

Tabelul 12.21

Coeficientul de corecție pentru strunjirea interioară

Strunjirea exterioară longitudinală	Diametrul găurii interioare, mm: ⩽75	76–150	151–250	> 250
	k_{int}			
1,0	0,80	0,90	0,95	1,00

Tabelul 12.22

Coeficientul de corecție pentru strunjirea canalelor și pieselor cave cu D — diametrul maxim, d — diametrul minim, mm

Materialul cuțitului	Raportul d/D: Material plin	0,1	0,2	0,5	0,8
	Coeficientul de corecție				
Carburi metalice P 10	1,0	0,91	0,83	0,76	0,73
Oțel rapid	1,0	0,99	0,98	0,97	0,90

Tabelul 12.23

Coeficienții de prelucrabilitate k_M pentru scule din oțel rapid

Grupa de oțeluri prelucrate	Caracteristici mecanice: Rezistența daN/mm²	Duritatea HB	Coeficientul de prelucrabilitate k_M
Oțel pentru automate		200–230	1,20
Oțel de construcție C < 0,7%		200–230	1,00
Oțel de construcție și de scule, C ⩾ 0,7%		200–230	0,80
Oțel cu crom		200–230	0,85
Oțel-mangan		260–275	0,80
Oțel cu nichel	70–80	200–230	1,00
Oțel crom-nichel		200–230	0,95
Oțel crom-molibden		200–230	0,80

Tabelul 12.24

Valoarea exponenților n_v și n_F din formulele $k_v = \left(\frac{\sigma_{re}}{\sigma_r}\right)^{n_v}$ și $k_v = \left(\frac{HB_e}{HB}\right)^{n_v}$, $k_{MF} = \left(\frac{\sigma_r}{\sigma_{re}}\right)^{n_F}$ și $k_{MF} = \left(\frac{HB}{HB_e}\right)^{n_F}$ pentru oțel respectiv fontă

a) *Scule din oțel rapid*

Grupa de material prelucrat	Rezistența σ_r daN/mm²	Felul prelucrării: Strunjire n_v	Strunjire n_F	Frezare n_v	Găurire n_v	Găurire n_F
Oțel pentru automate	40–90	1,75	0,35 pentru $\sigma_r \leqslant 55$ daN/mm² și 0,75 pentru $\sigma_r > 55$ daN/mm²	—	1,05	0,75
Oțel carbon	<50	−1		−0,9	−0,9	
	50–90	1,75		0,9	0,9	
	>90	1,75		2,0	0,9	
Oțel cu crom	⩽90	1,75		1,45	0,9	
	>90	1,75		2,0	0,9	
Oțel cu crom și nichel	⩽90	1,5		1,35	0,9	
	>90	1,5		2,0	0,9	
Oțeluri cu nichel și mangan, cu crom-mangan, crom-siliciu-mangan, crom-siliciu, siliciu-mangan, crom-nichel-mangan	⩽90	1,5		1,0	0,9	
	>90	1,5		2,0	0,9	
Oțeluri cu crom-molibden, crom-nichel-molibden, crom-molibden-aluminiu, oțeluri rapide	⩽90	1,25		1,0	0,9	
	>90	1,25		2,0	0,9	
Fontă maleabilă	—	1,7	0,55	0,85	1,3	0,6
Fontă cenușie	—	1,7	0,55	0,95	1,3	0,6

b) *Scule cu plăcuțe din carburi metalice*

Materialul prelucrat	Felul prelucrării: Strunjire n_v	Strunjire n_F	Frezare n_v
Oțel de construcție și oțel aliat necălit	1,5	0,35 pentru $\sigma_r \leqslant 60$ daN/mm² 0,75 pentru $\sigma_r > 60$ daN/mm²	1,0
Oțel călit	2,0	1,3	2,0
Fontă cenușie	1,75	0,5	1,4

Tabelul 12.25

Coeficientul de corecție în funcție de starea materialului, k_{st}

Starea materialului	Tras la rece	Laminat la cald	Normalizat	Recopt
Coeficientul k_{st}	1,1	1,0	0,95	0,9

Tabelul 12.26

Coeficientul de corecție în funcție de starea suprafeței materialului, k_c

Materialul	Oțel: Fără scorii	Oțel: Cu scorii	Fontă: Fără crustă	Fontă: Cu crustă	HB <160	HB 160—200	HB >200
Coeficientul k_c	1,0	0,9	1,0	Coeficientul k_c	0,7	0,8	0,9

Tabelul 12.27

Coeficientul de corecție în funcție de materialul sculei, k_s

Grupa de utilizare	P 30	P 20	P 10	P 01	K 01	K 30	K 40
Coeficientul de corecție k_s	1,0	1,23	1,54	2,15	1,2	1,0	0,83

Observație. Pentru oțel rapid $k_s \approx 0,25$; pentru plăcuțe mineralo-ceramice $k_s \approx 1,5...2,0$.

Tabelul 12.28

Coeficientul de corecție în funcție de unghiul de degajare, k_γ

Unghiul de degajare	$\gamma = +15°$	$\gamma = -5°$
Coeficientul de corecție k_γ	1,0	1,05

Tabelul 12.29

Coeficientul de corecție în funcție de unghiurile de atac $k_\varkappa$ și $k_{\varkappa 1}$, pentru cuțite din oțel rapid

$k_\varkappa$	$\varkappa$	30	45	60	70	90
	Oțel	1,26	1,0	0,84	0,74	0,66
	Fontă	1,2	1,0	0,88	0,79	0,73
$k_{\varkappa 1}$	$\varkappa_1$	10	15	20	30	45
	$k_{\varkappa 1}$	1,0	0,97	0,94	0,91	0,87

Tabelul 12.30

Coeficientul de corecție în funcție de raza de rotunjire a muchiei tăișului sculei, k_r

Materialul prelucrat	Felul prelucrării	r, mm: 1	2	3	4
		k_r			
Oțel, aliaje de aluminiu și magneziu	Degroșare	0,94	1,0	1,03	—
	Finisare	0,86	1,0	1,09	1,21
Fontă	Degroșare	0,90	1,0	1,06	—
	Finisare	0,94	1,0	1,03	1,07

Tabelul 12.31

Coeficientul de corecție în funcție de aria secțiunii cozii cuțitului k_{q1}, pentru cuțite din oțel rapid

Materialul prelucrat	q_1, mm²: 16×25	20×30	25×40	30×45	40×60	60×90
	k_{q1}					
Oțel	0,9	0,93	0,97	1,0	1,04	1,10
Fontă	0,95	0,96	0,98	1,0	1,02	1,05
Aliaje de cupru	—	0,96	0,98	1,0	1,02	—

Tabelul 12.32

Coeficientul de corecție în funcție de uzura cuțitului k_h

Mărimea uzurii h_α	0,8–1	1,5	2
Coeficientul k_h	1,0	1,1	1,2

Tabelul 12.33

Coeficientul de corecție în funcție de forma feței de degajare k_α

Forma feței de degajare		
Plană cu unghi de degajare pozitiv	Plană cu fațetă negativă	Plană cu unghi de degajare negativ
Coeficientul k_α		
0,87	1,0	1,05

Nu se recomandă o viteză sub 60 m/min, deoarece apar ondulații mari [3].

Pentru prelucrarea filetului: [38, p. 482].

Timpul de bază la strunjire [60]. Se va nota: l — lungimea de strunjire, mm; l_1 — distanța de pătrundere, mm; l_2 — depășirea sculei, mm; i — numărul de treceri; t — adîncimea de așchiere, mm; s — avansul, mm/rot; n — turația, rot/min; D — diametru exterior sau diametrul barei, mm; d — diametrul interior, mm.

Timpul de bază (fig. 12.50)

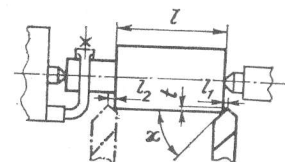


Fig. 12.50. Calculul timpului de bază [60]

$$t_b = (l + l_1 + l_2)\, i/(sn) \text{ [min-om]}, \tag{12.38}$$

în care, valorile lui l, l_1 și l_2 se iau din [60, p. 39–46,59–61].

12.2.1.3. CUȚITE PENTRU STRUNJIRE. **Cuțite standardizate.** Se deosebesc (fig. 12.51): cuțite pe *dreapta* și cuțite *pe stînga*. După forma capului: cuțite drepte,

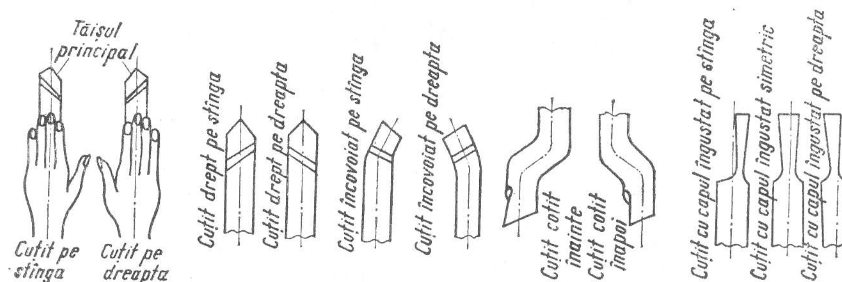


Fig. 12.51. Clasificarea cuțitelor

cuțite încovoiate, cuțite cu capul îngustat pe stînga, simetric, pe dreapta, utilizate la retezare etc.

În figura 12.52, se dau cuțitele standardizate și utilizarea acestora. În STAS R 6781-63 și R 6375-61, se dau recomandările pentru parametrii geometrici. În STAS 6373-61, se dau forma și dimensiunile plăcuțelor de carburi metalice. În STAS 6541-62, se dau rugozitățile permise; restul condițiilor tehnice se dau în STAS 6542-62 și STAS 6541-62. În STAS 7934-67, se dau metodele de verificare și încercare a plăcuțelor din carburi metalice sinterizate pentru scule așchietoare.

Calculul cuțitului. Considerînd ipoteza III-a de rupere, se găsește [61] (fig. 12.53)

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\tau_{tot}^2} \leqslant \sigma_a,$$

$$\sigma_{max} = 6(F_z l - F_y H/2)/(BH^2) + 6(F_x l - F_y x_1)/(B^2 H) + F_y/(BH)$$

$$\tau_{tot} = 1{,}5F_z/(BH) + F_z x_1 HB^2\alpha) + F_x 0{,}5H/(HB^2\alpha);$$

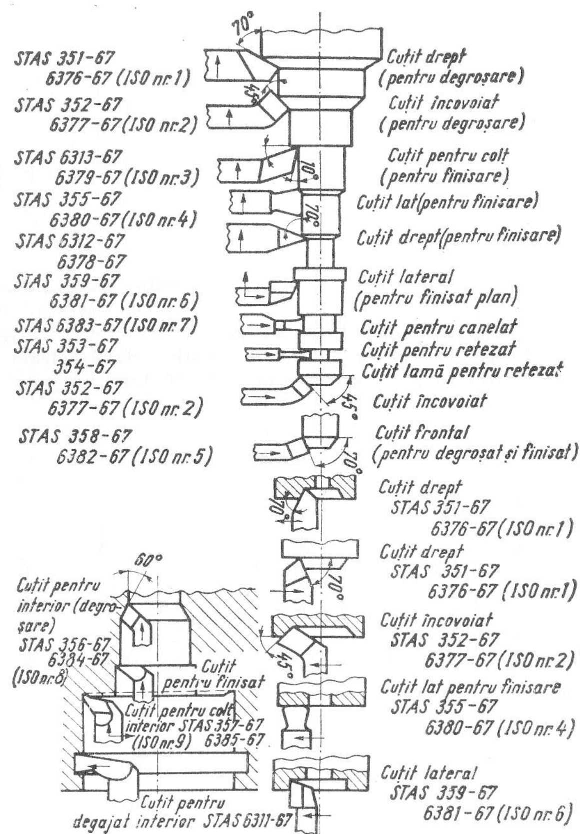


Fig. 12.52. Cuțite de strung standardizate

unde l — lungimea în consolă a cuțitului, mm; x_1 — brațul cuplului, mm; α — coeficient în funcție de raportul H/B [51, v. I. p. 445]; σ_a — rezistența admisibilă la încovoiere, daN/mm²; H și B — dimensiunile cozii cuțitului, mm.

În cazul cuțitelor drepte (avînd: $x_1 \approx 0$, $H/B = q$, $l/H = \mu$, $F_x = k_x F_z$ și $F_y = k_y F_z$), relația precedentă devine

$$B \geqslant \sqrt{\xi C_{F2} t^{y_{Fz}} s^{x_{Fz}}/\sigma_a}\ \text{[mm]} \quad \text{sau} \quad s \leqslant \sqrt[x_{Fz}]{\sigma_a B^2/(\xi C_{Fz} t^{y_{Fz}})}\ \text{[mm/rot]}, \qquad (12.39)$$

în care $\xi = \sqrt{\varepsilon^2 + 4\nu^2}$, $\varepsilon = (6\mu - 2k_y + 6k_x\mu q)/q$, $\nu = [1{,}5 + (0{,}5k_x q/\alpha)]/q$. În general: $q = 1{,}5$ sau 1, $\mu = 1 \ldots 1{,}5$.

Fragmentarea așchiei. În cazul strunjirii oțelului cu viteze mari (peste 75 m/min), se obțin așchii continuie; este necesar să se creieze astfel de condiții încît: 1) așchia

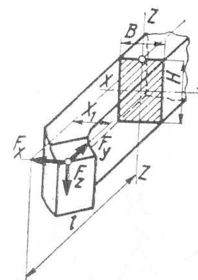


Fig. 12.53. Dimensionarea cuțitului de strung (Titov)

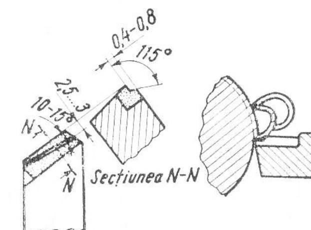


Fig. 12.54. Cuțite cu prag pentru așchii.

să se înfășoare formînd spire ușor de rupt sau 2) așchia să se fragmenteze, pe baza deformării suplimentare, fie prin executarea unui prag special în spatele muchiei tăișului (tăiat în plăcuță sau aplicat peste plăcuță, fig. 12.54), fie printr-un dispozitiv special, de ex. [38, fig. 218].

Cercetările au arătat că parametrii fragmentatorului de așchii depind de condițiile în care are loc așchierea, și anume de: adîncimea de așchiere, avans, viteza de așchiere, omogenitatea materialului prelucrat, geometria sculei etc. Ca urmare, este practic imposibil să se dea reguli precise pentru stabilirea dimensiunilor fragmentatorului utilizat pentru diferite condiții de așchiere. Ca o indicație generală, se poate lua $h = 0{,}5$, $l = (8 \ldots 12)s$ [mm] [33]. În figura 12.55, se dau dimensiunile pragului după cercetările lui Hemscheid. De exemplu, unghiul φ poate fi pozitiv sau negativ, influențînd astfel direcția de desfășurare a așchiei, sau nul (fig. 12.55). Este de observat că trebuie neapărat să se facă încercări înainte de definitivarea unui fragmentator.

Cuțite cu plăcuțe fixate mecanic. În prezent, există tendința, din ce în ce mai răspîndită, de a se trece, de la cuțite cu plăcuțe lipite, la cuțite cu plăcuțe fixate mecanic, reglabile. O rezolvare modernă o constituie cuțitele cu plăcuțe *amovibile* (care, după uzura totală, se aruncă), de formă poligonală cu trei, patru, cinci sau șase laturi (fig. 12.56). În cazul cînd sînt destinate pentru așchierea cu unghi de degajare negativ (numite plăcuțe negative), plăcuțele sînt de forma unor prisme drepte; prin așezarea lor înclinată, se obține unghiul de degajare și așezare dorit, de exemplu $\gamma = -6°$ și $\alpha = 6°$, precum și un unghi de înclinare λ negativ. Pentru așchierea cu unghi de degajare pozitiv (plăcuțe

pozitive), suprafeţele laterale ale plăcuţelor sînt înclinate la 11°, astfel încît, prin poziţionarea lor la un unghi de aşezare $\alpha = 5°$, se obţine un unghi $\gamma = +6°$. Numărul de tăişuri al plăcuţelor pozitive este egal cu numărul laturilor plăcuţelor; cele negative

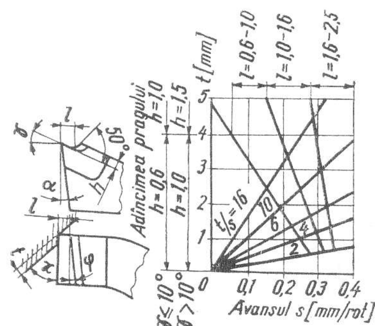


Fig. 12.55. Dimensiunile pragului (Hemscheid)

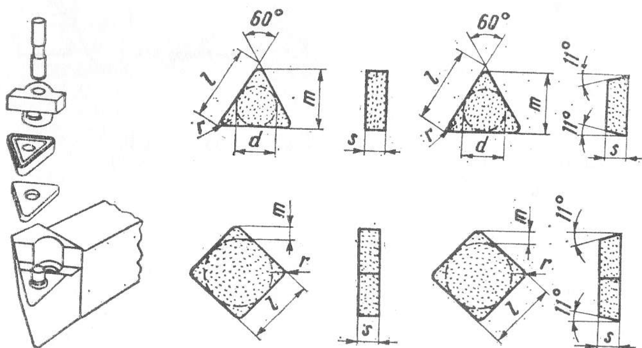


Fig. 12.56. Cuţite cu plăcuţe amovibile

au un număr dublu. Feţele de degajare pot avea pe ele concavităţi pentru fragmentarea aşchiilor.

Plăcuţe fixate prin forţele de aşchiere [71] (fig. 12.57). Forţa rezultantă $\bar{R} = \bar{F}_z + \bar{F}_N$ poate apăsa plăcuţa asupra suprafeţei de reazem, dacă $\alpha < \psi < \delta$ (în care $\operatorname{tg}\psi = F_N/F_z$). Depăşirea A a plăcuţei faţă de suport se calculează cu relaţia $A_{max} = B \sin\psi/\sin(\delta - \psi)$.

Cuţite pentru aşchiere cu avans mare. Pentru a se obţine o netezime corespunzătoare a suprafeţei prelucrate în cazul aşchierii cu avans mare, este necesar să se ia $x_1 = 0$. Pentru ca tăişul de finisare să corespundă cu generatoarea piesei, este necesar ca $\gamma_x = 0$ respectiv, $\operatorname{tg}\lambda = \operatorname{tg}\gamma \operatorname{tg}x$ [42, p. 47].

Cuţite pentru prelucrări interioare. Pentru alezaje de diametru mare, cuţitele se fixează în portcuţite (fig. 12.58 [2, p. 180] şi 12.59 [10, p. 50]). Pentru strunjirea alezajelor cu diametru mai mare de 40 mm, se folosesc cuţite în formă de plăci (fig. 12.60 [10, p. 53]).

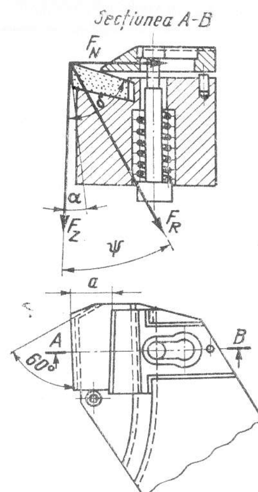


Fig. 12.57. Cuţite fixate prin forţele de aşchiere

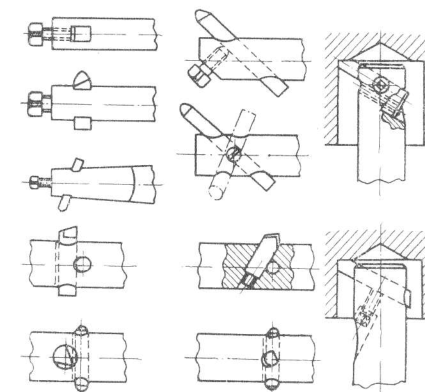


Fig. 12.58. Portcuţite pentru prelucrări interioare [2]

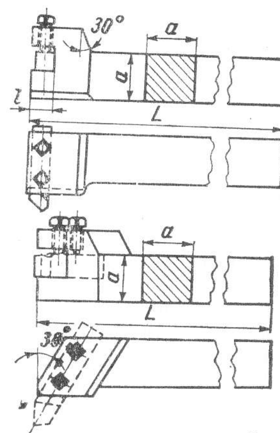


Fig. 12.59. Portcuţite pentru prelucrări interioare [10]

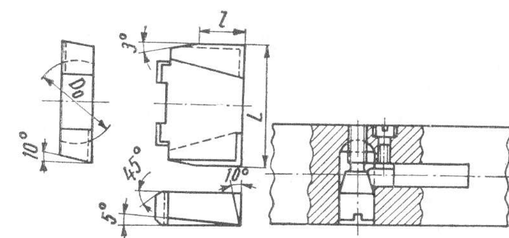


Fig. 12.60. Cuţit în formă de placă [10]

În scopul măririi productivității, se utilizează blocuri de cuțite (casete) cu un rînd sau două rînduri de cuțite (fig. 12.61, după ENIMS). La fabricația de masă, pentru degroșare se utilizează capete pentru strunjit interior cu 4–8 cuțite (fig. 12.62 10 [p. 54])

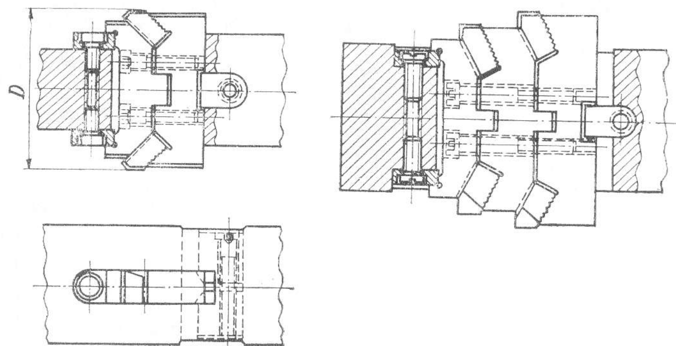


Fig. 12.61. Bloc de cuțite (casete) (ENIMS)

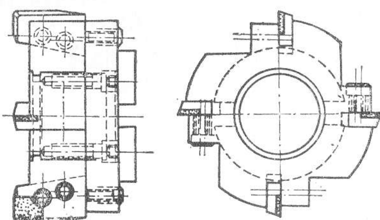


Fig. 12.62. Cap pentru strunjit interior [10]

Cuțite profilate. *Cuțite disc.* Așezarea peste centru: $h = R \sin \alpha$ (fig. 12.63), în care R este raza exterioară a cuțitului, α — unghiul de așezare corespunzător exteriorului cuțitului. Într-un punct oarecare al profilului: $\operatorname{tg} \alpha_l = \operatorname{tg} \alpha \cos \varphi$, în care φ este unghiul pe care-l face tangenta la profil în punctul respectiv (fig. 12.64); se ia pentru punctul cel mai dezavantajos al profilului $\alpha_{l\,min} = 2 \dots 3°$. Cînd apar unghiuri laterale α_l nule, ca urmare a profilului piesei ($\varphi = 90°$), se adoptă îmbunătățiri (fig. 12.65) sau se proiectează cuțite speciale (fig. 12.73...12.75). Raza cercului de ascuțire: $H = R \sin(\alpha + \gamma)$. Diametrul cuțitului: $D \geqslant d + 2(a + b + c)$, în care d este diametrul dornului, a — adîncimea profilului prelucrat, $b = 3 \dots 6$ mm, $c \geqslant (0{,}25 \dots 0{,}3)\, d$; pentru prelucrarea interioară: $D_{max} = (0{,}6 \dots 0{,}85)\, d_{int}$, în care d_{int} este diametrul interior al alezajului piesei. Diametrul dornului, la cuțitele disc cu alezaj, este solicitat la încovoiere; în cazul cînd cuțitul disc face corp comun cu dornul de fixare, acesta din urmă este solicitat la răsucire și încovoiere: $d = \sqrt[3]{10\, M'/\sigma_{ia}}$, $M' = \sqrt{M_i^2 + \alpha_0^2 M_t^2}$, $\alpha_0 \approx 1$, $M_i = F_R \cdot l$ (în care l este lungimea dornului în consolă, cuprinsă între suport și centrul cuțitului), $M_t = F_R R_0$ (în care $R_0 \approx R$), $F_R = \sqrt{F_z^2 + F_y^2}$ (fig. 12.66).

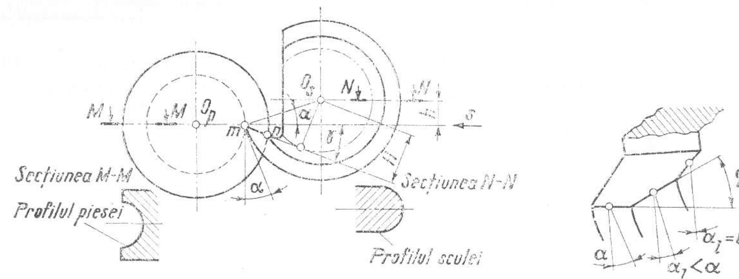


Fig. 12.63. Cuțit-disc profilat

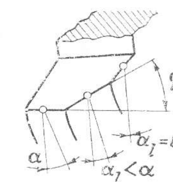


Fig. 12.64. Unghiul de așezare lateral

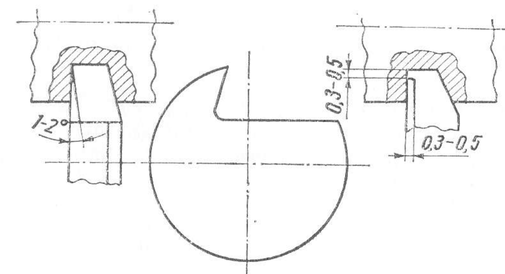


Fig. 12.65. Cuțite prevăzute cu degajări

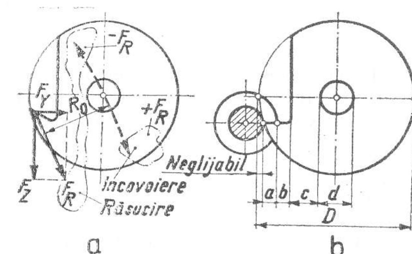
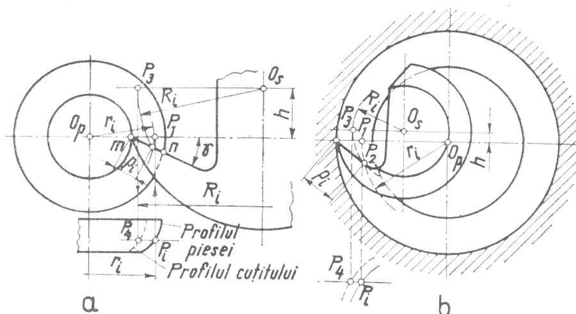


Fig. 12.66. Dimensionarea cuțitului disc: *a* — jocul de forțe; *b* — dimensiuni

Profilul cuţitului pentru prelucrarea exterioară [42, p. 77]: 1) grafic (fig. 12.67, *a*) se ia un punct oarecare de pe profilul piesei P_i, se merge în P_1 (din planul axial al piesei), apoi cu un cerc cu rază r_i (corespunzătoare punctului P_i) pînă în P_2 (pe faţa de degajare a sculei), de aici în P_3 (din planul axial al sculei) şi apoi în P_4 (pe urma planului



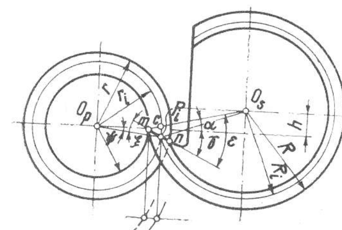


Fig. 12.67. Determinarea grafică a profilului

care trece prin P_i); 2) analitic (fig. 12.68): $R_i = \sqrt{R^2 + p_i^2 - 2Rp_i \cos(\alpha + \gamma)}$, (12.39) în care R_i este raza punctului căutat pe profilul cuţitului, $p_i = r_i \sin \psi_i/\sin \gamma$, $\psi_i = \gamma - \zeta_i$, $\sin \zeta_i = r_1 \sin \gamma / r_i$, r_1 — raza interioară a profilului piesei. Luîndu-se în mod similar şi alte puncte (importante) pe profilul piesei, se determină punctele corespunzătoare de pe profilul sculei, respectiv razele punctelor de pe profilul sculei. Profilul sculei, determinat prin puncte de coordonate cunoscute, se înlocuieşte printr-un profil format din arce de cerc, determinat de razele şi coordonatele centrelor acestora. Înlocuirea se face astfel încît profilul înlocuitor să nu difere de cel determinat cu 1/3 . . . 1/4 din toleranţa admisă.

În cazul prelucrării interioare, profilul cuţitului se stabileşte în mod analog (fig. 12.67, *b* şi 12.69). Analitic: R_i şi p_i se determină cu aceeaşi formulă, $\psi_i = 180° - (\zeta_i + \gamma)$, $\zeta = 180° - \arcsin [(r/r_i) \sin \gamma]$, în care r este raza exterioară a profilului piesei.

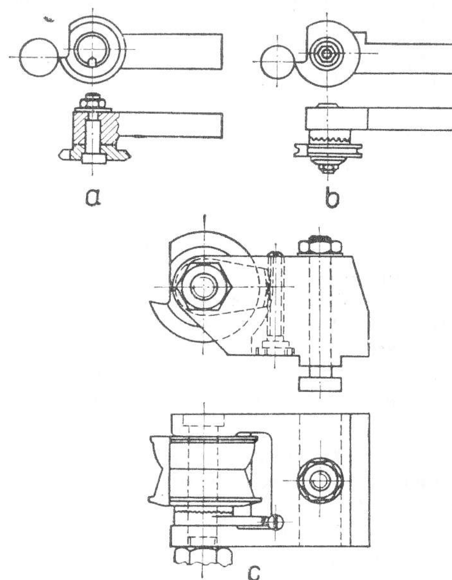
Mărimea p_i poate fi calculată şi cu expresiile [42, p. 79]:

$p_i = \sqrt{r_i^2 - r_1^2 \sin^2 \gamma} - r_1 \cos \gamma$ (cuţit exterior) şi $p_i = r \cos \gamma - \sqrt{r_i^2 - r^2 \sin^2 \gamma}$ (cuţit interior).

În cazul cînd lăţimea cuţitului este mică, sub 15 mm, forţele de frecare de pe părţile frontale ale cuţitului sînt suficiente pentru a împiedica rotirea lui. Pentru dimensiuni mai mari, asigurarea împotriva rotirii se face printr-o rozetă de cuplare, cu 30 . . . 34 dinţi, făcînd corp comun cu cuţitul sau fiind aplicată separat pe faţa frontală a cuţitului. După reascuţire, cuţitul se roteşte cu un dinte, iar poziţionarea fină se face cu ajutorul unui suport prevăzut cu şurub şi sector melcat (fig. 12.70, *c*).

Cuţite prismatice. Dimensionarea (fig. 12.71): $b_1 = a + b + c$, în care $b = (0,2 \ldots 0,5)B_1$, c — din tabelul 12.34.

Profilul cuţitului [42, p. 80]: 1) grafic: $P_i \rightarrow P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3$; 2) analitic: $l_i = p_i \cos(\alpha + \gamma)$, în care p_i se calculează ca şi anterior. În ceea ce priveşte γ, se recomandă să se aleagă astfel încît $h \leqslant 0,1\, r$, (h fiind înălţimea punctului extrem al profilului).



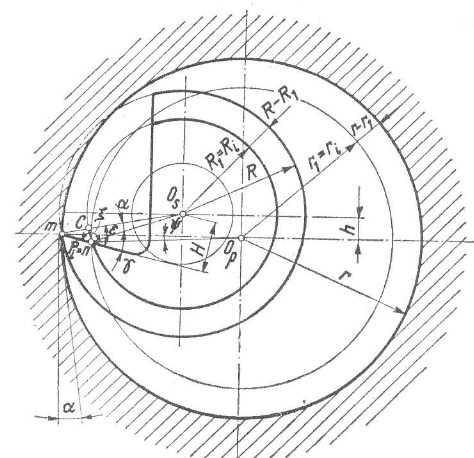


Fig. 12.69. Determinarea analitică a profilului, interior.

Fig. 12.70. Fixarea cuţitului disc

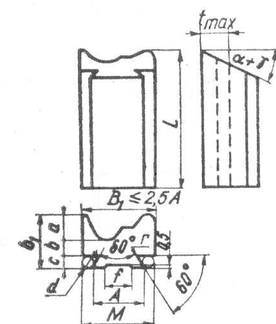


Fig. 12.71. Dimensiunile cuţitului-prismatic [23].

Tabelul 12.34

Dimensiunile secţiunii cuţitului profilat prizmatic [23]

Adincimea profilului piesei t_{max}	Dimensiunile cuţitului						Dimensiunile peste role			
	$a+b$	L	c	A	f	r	d	M	d	M
< 4	9	75	4	15	7	0,5	4	21,31	3	18,577
< 6	14	75	6	20	10	0,5	6	29,46	4	24,000
<10	19	75	6	25	15	0,5	6	34,46	4	29,000
<14	25	90	10	30	20	1	10	45,77	6	34,846
<20	35	90	10	40	25	1	10	55,77	6	44,846
<28	45	100	15	60	40	1	15	83,66	8	64,536

$$M = A + d\left(1 + \text{cotg}\,\frac{\lambda}{2}\right) - 2c\ \text{cotg}\ \lambda;\quad \lambda = 60°$$

Fixarea cuţitului se face conform construcţiei de principiu din figura 12.72.

Cuţite profilate aşezate oblic faţă de axa semifabricatului [23]. Se utilizează în scopul apariţiei unui unghi de aşezare $\alpha_l \neq 0$.

Profilul cuţitului disc (fig. 12.73): Se duce o dreaptă prin K (punctul extrem) paralelă cu axa cuţitului ($\varnothing = 15-20°$), se determină punctul P_1 cu corespondentul P_2; prin P_2 se duce urma feţei de degajare înclinată la unghiul $\gamma_N(\text{tg}\,\gamma_N = \text{tg}\,\gamma\cos\Phi)$; se construiesc segmentele n_1, n_2, n şi m. Se ia un punct oarecare pe profilul piesei (P_i, P_{i1}), determinarea de coordonatele r_i şi b_i; acest punct este executat de punctul (P_i', P_i'') de pe cuţit. Se găseşte: $a_i = a_2\cos\Phi$, în care $a_2 = n_2\cos\gamma_N$, $n_2 = n - n_1$, $n = r_i\cos\psi$, $n_1 = r_{i1}\cos\gamma_N$, $r_{i1} = r \pm a_1$, $a_1 = b_i\,\text{tg}\,\Phi$, $\sin\psi = m/r_i$, $m = r_{i1}\sin\gamma_N$. O dată cunoscut a_i, se determină $p_i = a_i/\cos\gamma$, valoare ce se introduce în expresia (12.39). Coordonata pe lăţime a profilului cuţitului: $B_i = (b_i/\cos\Phi) \pm p_i\cos\gamma\,\text{tg}\,\Phi$. (Semnul $\pm$ s-a dat pentru diferite situaţii ale punctului P_i faţă de K; în cazul punctului P_i din figură, se ia semnul +).

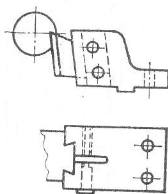


Fig. 12.72. Fixarea cuţitului-prismatic.

Profilul cuţitului prismatic se calculează la fel, doar că, odată determinat p_i, se deduce $l_i = p_i\cos(\alpha + \gamma)$, ca şi la celelalte cuţite.

Cuţite profilate prismatice aşezate înclinat [14]. Profilul cuţitului în secţiune normală (fig. 12.74): $l_i = p_i\cos(\alpha + \gamma)$, ca şi în cazul clasic; $B_i = b_i\cos\alpha_{l1}$, în care $\text{tg}\,\alpha_{l1} = \text{tg}\,\alpha_l\cos\alpha$, α_l fiind unghiul de înclinare laterală a cuţitului faţă de verticală.

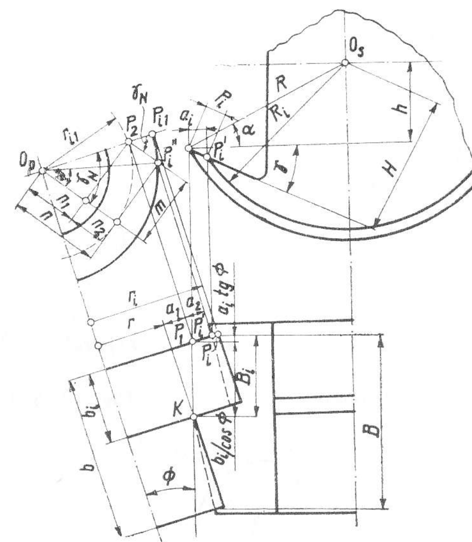


Fig. 12.73. Cuţit-disc profilat aşezat oblic [23]

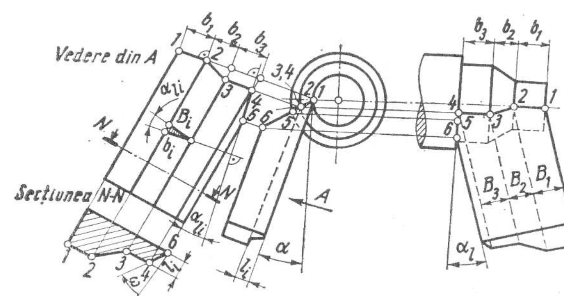


Fig. 12.74. Cuţit-prismatic profilat aşezat înclinat [14]

Cuţite disc elicoidale [14]. Sînt cuţite disc, corespondentele cuţitelor prismatice aşezate oblic (fig. 12.75). Razele R_i se calculează ca şi la cuţitul disc clasic; lăţimile: $B_i = b_i + \Delta_i$, în care $\Delta_i = \psi_i \cdot P_{Es}/360°$, $P_{Es} = \pi D\,\text{tg}\,\alpha_l$, $\alpha_l \approx 6°$, $\psi_i = p_i\sin(\alpha + \gamma)/R_i$.

Cuţite disc spirale (fig. 12.76). Se execută după spirala lui Arhimede — astfel încît, deşi se aşează la centrul piesei, rezultă totuşi $\alpha \neq 0$. Obişnuit $\alpha = 10°$. Pasul spiralei: $s = 2\pi R \operatorname{tg} \alpha$. Se ia $\gamma = 0$ şi ca urmare, profilul cuţitului este identic cu profilul piesei.

Cuţite profilate pentru piese conice sau cu porţiuni conice importante. Se construiesc astfel încît, pe porţiunea conică a profilului, toate punctele tăişului să fie la centrul piesei (fig. 12.77). Calculul profilului se face conform [42, p. 86] şi [72].

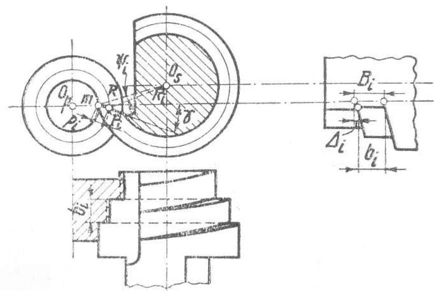


Fig. 12.75. Cuţit-disc elicoidal

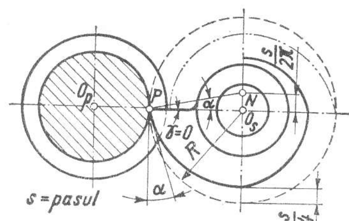


Fig. 12.76. Cuţit-disc spiral

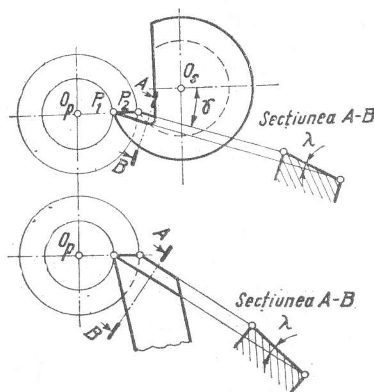


Fig. 12.77. Cuţit profilat cu faţa de degajare înclinată $\lambda \neq 0$

Cuţite profilate prismatice cu avans tangenţial. În cazul prelucrării unei piese cilindrice (fig. 12.78), secţiunea cuţitului are forma trapezoidală: $\operatorname{tg} \omega = \sin \alpha \operatorname{ctg} \varphi$ (în care $\varphi = 45 - 75°$). Pentru un profil oarecare se consideră o piesă imaginară, cilindrică (fig. 12.79), faţă de care profilul real al cuţitului se calculează. De exemplu, pentru punctul D_1, corespunzător punctului D de pe piesă, $D_1E_1 = DE \cos(\alpha + \gamma)/\cos\gamma$. Se poate pune $k = \cos(\alpha + \gamma)/\cos\gamma = \text{ct}$ [14].

Erorile hiperbolice ale cuţitelor profilate. La prelucrarea unei piese conice, cu cuţit profilat avînd $\gamma \neq 0$, punctul P_1 (fig. 12.80) se află la centrul piesei, iar restul (de ex. P_2) sub centru, deci planul feţei de degajare va secţiona piesa după o hiperbolă. Ca urmare, pentru ca piesa să rezulte conică, tăişul trebuie să aibă o formă hiperbolică. Din motive

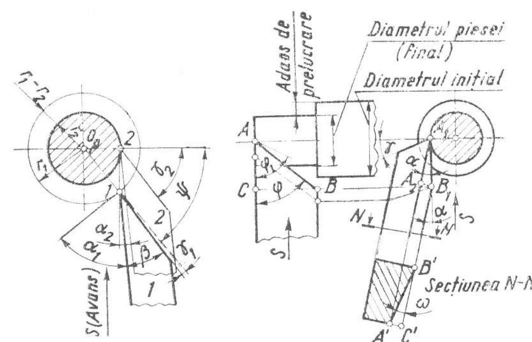


Fig. 12.78. Cuţit tangenţial

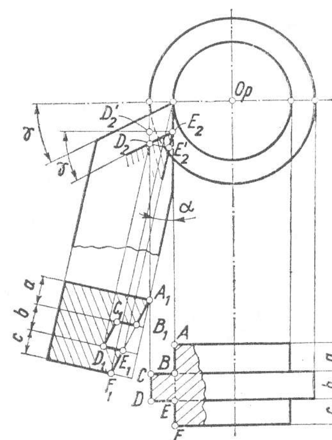


Fig. 12.79. Calculul profilului cuţitului tangenţial [14]

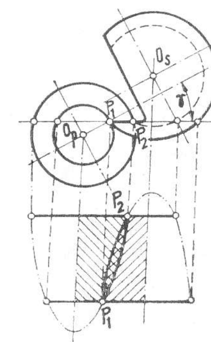


Fig. 12.80. Erori hiperbolice

tehnologice, acest lucru nu este respectat. Dacă se consideră tăişul rectiliniu, piesa rezultă după un hiperboloid. Se introduc erori „hiperbolice" provenite de la piesă. Considerarea tăişului rectiliniu la cuţitele disc, este numai ipotetică. În realitate cuţitul se execută conic, astfel încît, tăiat cu faţa de degajare, dă un tăiş hiperbolic. Apare astfel o eroare

„hiperbolică" din partea sculei. În cazul prelucrării exterioare, cele două erori hiperbolice, proprii piesei și sculei se adună, iar la prelucrarea interioară se scad.

Există studii care dau indicații asupra alegerii diferiților parametri astfel încît erorile hiperbolice să se încadreze în limita condițiilor tehnice impuse. [41]

Cuțite pentru prelucrarea filetului. *Cuțite normale.* În cazul cînd $\gamma = 0$ (fig. 12.81), $\text{tg}\,(\varepsilon_s/2) = \text{tg}\,(\varepsilon/2)/\cos\alpha$, unde ε este unghiul profilului filetului de pe piesă iar ε este unghiul profilului cuțitului. În cazul cînd $\gamma \neq 0$ (fig. 12.82), are loc o „fugă" pe elice a punctelor de intersecție a feței de degajare cu filetul. Pentru profilul cuțitului cuprins în fața de degajare [38, p. 276], se găsește: $b_{is} = b_i$; $b_{ms} = b_m$, $b_{es} = b_e$, $\Delta_e = \theta_e\, p/360°$, $\Delta_m = \theta_m\, p/360°$, $\theta_e = \gamma -$ arc sin $(r_i \sin\gamma/r_m)$, $\theta_m = \gamma -$ arc sin $(r_i \sin\gamma/r_e)$, $i_s m_s = r_m \sin\theta_m/\sin\gamma$, $i_s e_s = r_e \sin\theta_e/\sin\gamma$; eroarea hiperbolică: $m_1''m_1' = \Delta_m - \Delta_e\, i_s m_s/i_s e_s$ (are valoarea 0,0008 mm pentru filet M 10); unghiurile profilului [42, p. 100]: $\text{tg}\,\varepsilon_{s\,st} = [(b_e - b_i)/2 - \Delta_e]/i_s e_s$, $\text{tg}\,\varepsilon_{s\,dr} = [(b_e - b_i)/2 + \Delta_e]/i_e e_s$ (pentru filet M 10: $\varepsilon_{s\,st} = 29°22'30''$, $\varepsilon_{s\,dr} = 30°03'56''$).

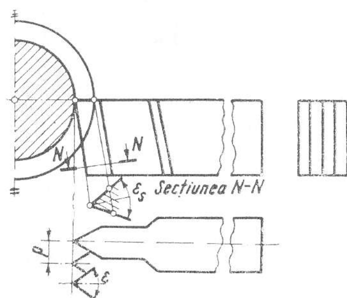


Fig. 12.81. Cuțit pentru filet ($\gamma = 0$)

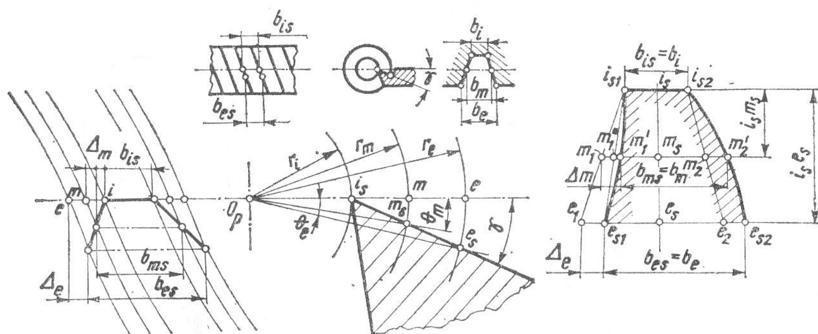


Fig. 12.82. Cuțit pentru filet ($\gamma \neq 0$)

Cuțite disc-pieptene (cu filet, fig. 12.83). Profilul cuțitului în secțiune axială [38, p. 277]: $\text{tg}\,\varepsilon_{st} = a_2 b_3'/t_s$, $\text{tg}\,\varepsilon_{dr} = b_2' c_2/t_s$, $a_2 b_2' = p/2 + h(\text{tg}\,\tau_1 - \text{tg}\,\tau_2)$, $b_2' c_2 = p/2 + h(\text{tg}\,\tau_2 - \text{tg}\,\tau_1)$, în care $t_s = R - R_1 = R - \sqrt{(R^2 - p_i \cos\alpha)^2 + (p_i \sin\alpha)^2}$, $\tau_{1,2}$ reprezintă unghiurile de pantă ale filetului, R — raza cuțitului. Diametrul cuțitului disc se adoptă astfel încît să rezulte pentru panta filetului de pe cuțit aceeași valoare cu panta filetului de pe piesă, cu o abatere de +30′.

Cuțite pentru filet mult înclinat. La prelucrarea filetului se urmărește ca unghiul de așezare lateral să nu fie mai mic de 3—5° (fig. 12.84, *a*); în caz contrar, se ia un cuțit cu flancurile înclinate (fig. 12.84, *b*). În ceea ce privește unghiurile de degajare laterale, pentru a fi egale, se poate practica o ascuțire suplimentară (fig. 12.84, *c*). În cazul filetului mult înclinat, este necesar ca fața de degajare să se ia înclinată la unghiul λ (fig. 12.84, *d*). Se disting două cazuri:

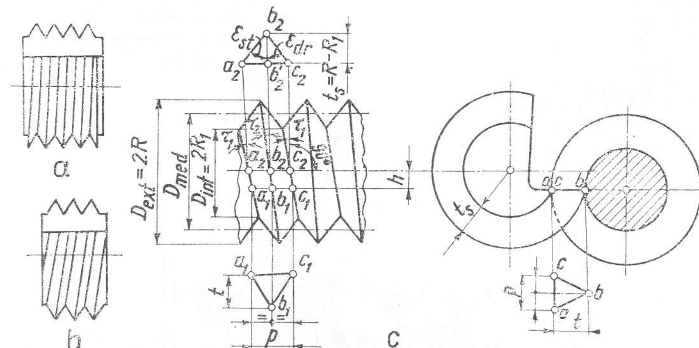


Fig. 12.83. Cuțit pieptene-disc pentru filetat:
a — filet „inelar"; *b* — filet elicoidal; *c* — calculul profilului

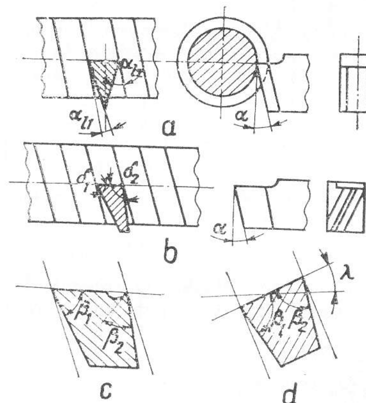


Fig. 12.84. Cuțite pentru filet mult înclinat:
a — obișnuit; *b* — înclinat; *c* — normal la filet

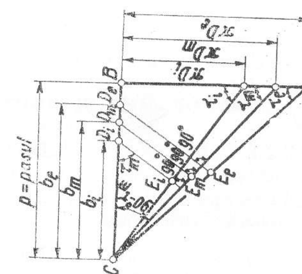


Fig. 12.85. Cuțit pentru filet înclinat ($\tau \leqslant 10°$)

Unghiul de pantă $\tau_m \leqslant 10°$ [38, p. 279], în care caz (fig. 12.85), pentru un filet trapezoidal 1) grafic: $b_{es} = D_eE_e$, $b_{ms} = D_mE_m$, $b_{is} = D_iE_i$; 2) analitic: $b_{es} = b_e \cos \tau_e / \cos(\tau_m - \tau_e)$, $b_{ms} = b_m \cos \tau_m / \cos(\tau_m - \tau_m)$, $b_{is} = b_i \cos \tau_i / \cos(\tau_m - \tau_i)$.

Unghiul de pantă $\tau_m > 10°$ după H. S. Schröder (fig. 12.86). Luîndu-se un punct oarecare pe profilul filetului piesei, de exemplu A $(b/2, r)$, se determină punctul corespunzător de pe cuțit, B (x, y, ψ). Dacă $\psi \leqslant 10°$, atunci $b_{es} = 2y_n = b_e/[\cos \lambda (1 + \operatorname{tg} \tau_e \operatorname{tg} \lambda)]$, $\sin \psi_n = y_n \sin \lambda / r$, $x_n = r \cos \psi_n$ (s-a notat cu indicele n valorile găsite în acest caz); la fel: $b_{ms} = b_m / [\cos \lambda (1 + \operatorname{tg} \tau_m \operatorname{tg} \lambda)]$, $b_{is} = b_i / [\cos \lambda (1 + \operatorname{tg} \tau_i \operatorname{tg} \lambda)]$. Dacă $\psi > 10°$, atunci:

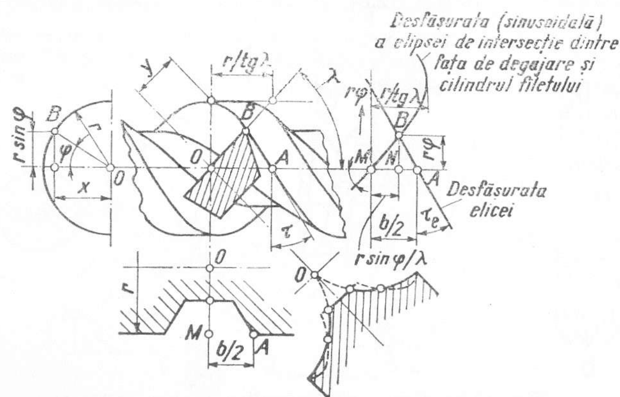


Fig. 12.86. Cuțit pentru filet înclinat ($\tau_m > 10°$)

$$b_{es} = 2\,y_* = b_e \frac{1}{\cos \lambda (1 + \operatorname{tg} \tau_e \operatorname{tg} \lambda)} \left(1 - \frac{\psi_n - \sin \psi_n}{\sin \psi_n} \; \frac{\cos \psi_n \operatorname{tg} \lambda \operatorname{tg} \tau_e}{\cos \varphi_n + \operatorname{tg} \tau_e \operatorname{tg} \lambda}\right),$$

$\sin \varphi_* = y_* \sin \gamma / r$, $x_* = r \cos \varphi_*$ (s-au notat cu asterisc valorile găsite în acest caz).

12.2.2. RABOTAREA ȘI MORTEZAREA

12.2.2.1. MAȘINI DE RABOTAT ȘI MORTEZAT. **Mașini de rabotat.** În figura 12.87 se dă schema cinematică și constructivă principială a unei mașini de rabotat cu două coloane (portală). Ecuații cinematice:

– mișcarea principală

$$v_{ML} = n_{M1} i_1 i_2 \pi d_3 \,[\text{m/min}];$$

– mișcarea de avans transversal de lucru

$$s'_y = n_{M2} i_5 i_{mi} i_6 i_{RC1} i_8 i_{12} i_{13} i_{14} i_{15} t_{șy} \;[\text{mm/min}]$$

$$\text{sau } s_y = s'_y / n_{cd} \;[\text{mm/cursă dublă}];$$

– mișcarea de avans vertical de lucru

$$s'_z = n_{M2} i_5 i_{mi} i_6 i_{RC1} i_8 i_{12} i_{13} i_{18} t_{p18} \;[\text{mm/min}]$$

$$\text{sau } s_z = s'_z / n_{cd} \;[\text{mm/cursă dublă}];$$

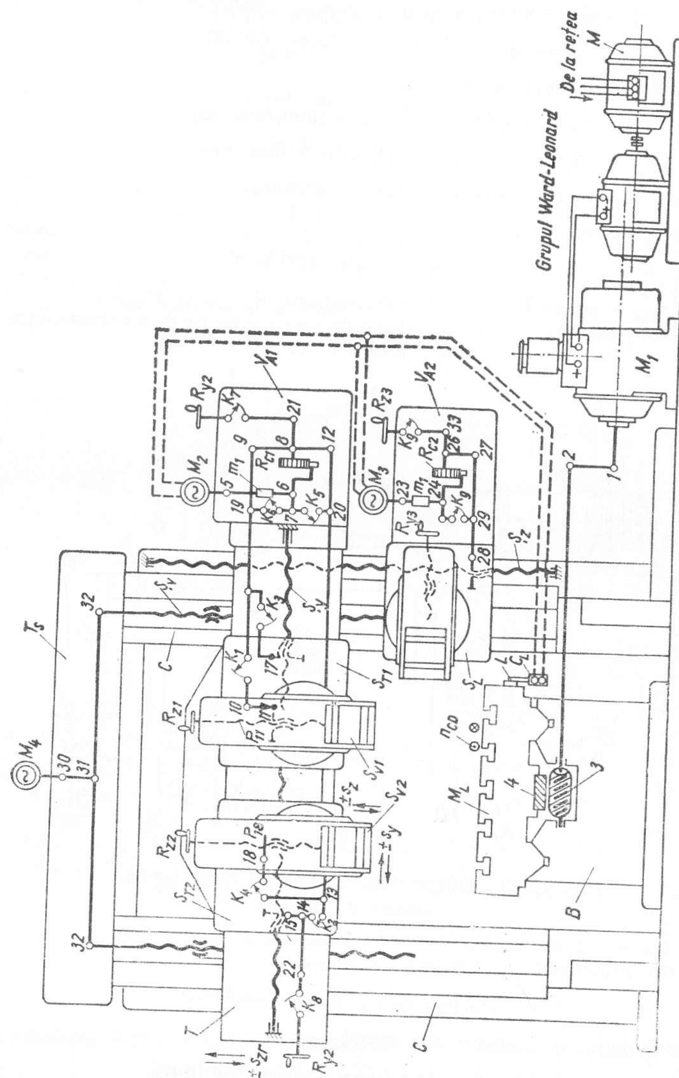


Fig. 12.87. Schema cinematică a unei mașini de rabotat portală

— mișcarea de avans vertical de lucru a suportului lateral

$$s'_{zL} = n_{M3} i_{23} i_{mi} i_{24} i_{RC2} i_{26} i_{27} i_{28} t_{șL} \text{ [mm/min]}$$

$$\text{sau } s_{zL} = s'_{zL}/n_{cd} \text{ [mm/cursă dublă]};$$

— mișcarea rapidă a suporturilor

$$v_y = n_{M2} i_5 i_6 i_7 i_{20} i_{13} i_{14} i_{15} t_{șy} \text{ [mm/min] sau}$$

$$v_z = n_{M2} i_5 i_6 i_7 i_{20} i_{13} i_{18} t_{p18} \text{ [mm/min] sau}$$

$$v_z = n_{M3} i_{23} i_{24} i_{25} i_{29} i_{28} t_{șz} \text{ [mm/min]};$$

— mișcarea traversei mobile

$$v_{zT} = n_{M4} i_{30} i_{31} i_{32} t_{șv} \text{ [mm/min]},$$

în care $t_{șy}, t_{șz}, t_{p18}$ — pasul șuruburilor conducătoare $Ș_y$, $Ș_z$ și P_{18}.

Șepingul. În figura 12.88, se dă principiul de lucru și lanțurile cinematice principiale ale unui șeping normal. Ecuațiile cinematice (fig. 12.88, *a*):

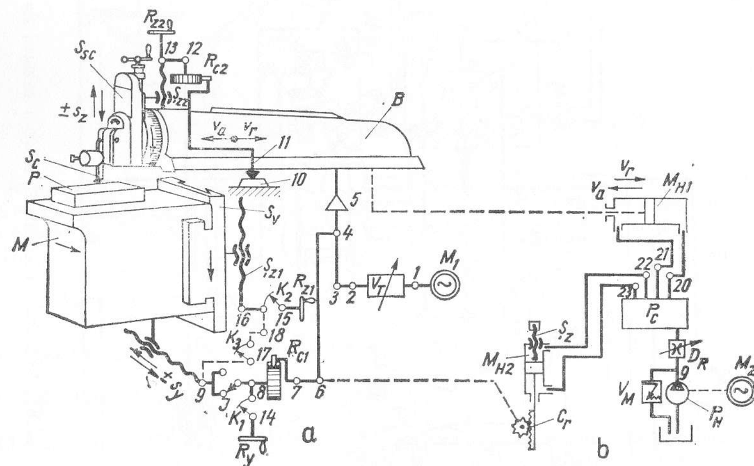


Fig. 12.88. Schema cinematică a unui șeping:
a — mecanic; *b* — hidraulic

— mișcarea principală

$$n_{cd} = n_{M1} i_1 i_{vT} i_2 i_3 i_4 \text{ [cursă dublă/min]};$$

— mișcarea de avans transversal a mesei

$$s'_y = n_{M1} i_1 i_{vT} i_2 i_3 i_4 i_6 i_7 i_{RC1} i_8 i_9 t_{șy} \text{ [mm/min]}$$

$$\text{sau } s_y = s'_y/n_{cd} \text{ [mm/cursă dublă]};$$

— mișcarea de avans vertical a mesei

$$s'_{zM} = n_{M1} i_1 i_{vT} i_2 i_3 i_4 i_6 i_7 i_{RC1} i_8 i_9 i_{17} i_{18} i_{16} t_{șz1} \text{ [mm/min]}$$

$$\text{sau } s_{zM} = s'_{zM}/n_{cd} \text{ [mm/cursă dublă]};$$

— mișcarea de avans a suportului portsculă

$$s_z = h_{10} i_{RC2} i_{12} i_{13} t_{șz2} \text{ [mm]},$$

în care n_{cd} este numărul de curse duble ale berbecului, i_{RC1}, i_{RC2} — raportul de transfer al mecanismului clichet — roată clichet.

Acționări și reglări manuale pot fi executate cu roțile de mînă R_y, R_{z1}, și R_{z2}.

În cazul lanțului cinematic hidraulic (fig. 12.88, *b*), se realizează aceleași mișcări, utilizîndu-se ca elemente principale: motorul electric M_2, pompă cu debit constant P_H, droselul D_R, ventilul maximal V_M, panoul de comandă P_c, motorul hidraulic rectiliniu pentru mișcarea principală M_{H1}, motorul hidraulic rectiliniu pentru mișcările de avans

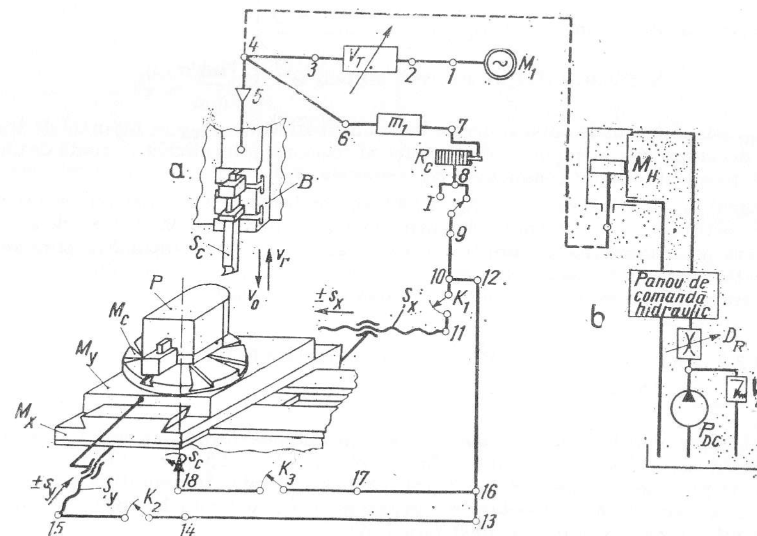


Fig. 12.89. Schema cinematică a unei mașini de mortezat:
a — mecanic; *b* — hidraulic

M_{H2} și cremaliera — pinion C_r pentru transformarea mișcării rectilinii în mișcare circulară etc.

Mașini de mortezat. În figura 12.89 se dă principiul de lucru și lanțul cinematic principial al unei mașini de mortezat. Ecuații cinematice:

— mișcarea principală

$$n_{cd} = n_{M1} i_1 i_2 i_{vT} i_3 i_4 \text{ [cursă dublă/min]};$$

— mișcarea de avans longitudinal

$$s'_x = n_{M1} i_1 i_2 i_{vT} i_3 i_4 i_6 i_{mi} i_7 i_{Rc} i_8 i_9 i_{10} i_{11} t_{șx} \text{ [mm/min]}$$

$$\text{sau } s_x = s'_x/n_{cd} \text{ [mm/cursă dublă]};$$

— mișcarea de avans transversal

$$s'_y = n_{M1} i_1 i_2 i_{vT} i_3 i_4 i_6 i_{mi} i_7 i_{Rc} i_8 i_9 i_{10} i_{12} i_{13} i_{14} i_{15} t_{șy} \text{ [mm/min]}$$

$$\text{sau } s_y = s'_y/n_{cd} \text{ [mm/cursă dublă]};$$

— mișcarea de avans circular

$$s_c = n_{M1} i_1 i_2 i_{vT} i_3 i_4 i_6 i_{mi} i_7 i_{Rc} i_8 i_9 i_{10} i_{12} i_{16} i_{17} i_{18} \text{ [rot/min]},$$

în care n_{cd} este numărul de curse duble pe minut ale berbecului; i_{vT} — raportul de transfer al cutiei de viteze; i_{Rc} — raportul de transfer al mecanismului clichet — roată de clichet; $t_{șx}$, $t_{șy}$ — pasul șurubului conducător $Ș_x$ respectiv $Ș_y$.

În cazul acționării hidraulice (fig. 12.89, b), berbecul B este antrenat de un motor hidraulic rectiliniu M_H, comandat de către un panou de comandă. Viteza de acționare este reglată prin droselul D_R, care limitează accesul debitului pompei P_{DC} spre motorul M_H. Debitul suplimentar se reîntoarce din circuit în rezervor prin ventilul maximal V_M, care limitează în același timp și presiunea maximă în circuit.

12.2.2.2. PARAMETRII OPERAȚIILOR DE RABOTARE ȘI MORTEZARE

Precizia prelucrării. În cazul rabotării de degroșare, se obține netezimea $R_a = 12{,}5 \dots 50$ µm, calitatea 9 ISO; în cazul finisării — $R_a = 3{,}2 \dots 12{,}5$ µm, calitatea 7 ISO; la finisarea de precizie — $R_a = 0{,}8 \dots 3{,}2$ µm, calitatea 6 ISO. În condițiile practice obișnuite, precizia obținută la rabotare nu depășește 0,1 ... 0,2 mm la 1000 mm lungime; iar în cazul șepingului — 0,5 la 1000 mm lungime.

În mortezare, se obține netezimea $R_a = 25 \dots 100$ µm și precizia 0,1 ... 0,25 mm la 1000 mm lungime.

Forțele de așchiere. Se calculează ca și la strunjire: $F_z = C_{Fz} t^{y_{Fz}} s^{x_{Fz}} k_F$, în care coeficientul și exponenții se iau din tabelul 12.35 [24].

Regimul de așchiere. În cazul rabotării cu cuțite pentru degroșat, adîncimea de așchiere se ia pînă la 3 mm, iar avansul $s = 0$, $l = 0{,}3$ mm/cursă dublă; în cazul cuțitelor de finisat (late), $t = 0{,}2 \dots 0{,}5$ mm iar avansul se ia 0,25 ... 0,5 din lățimea cuțitului. În ceea ce privește viteza de așchiere, calculul se face ca la strunjire: $v = C_v k_v / T^m t^{y_v} s^{x_v}$. Valoarea coeficientului și exponenților se iau din tabelul 12.36[24].

Tabelul 12.35

Coeficienții și exponenții pentru calculul forței de așchiere la rabotare și mortezare, cu formula $F_z = C_{Fz} t^{y_{Fz}} s^{x_{Fz}} k_z$ [24]

Materialul prelucrat		Felul prelucrării	Materialul sculei	Valoarea coeficienților și exponenților		
				C_{Fz}	Y_{Fz}	X_{Fz}
Fontă cenușie HB 190		Plană	K 40	32	1,0	0,75
		Plană	R_p 3	125	1,0	0,75
		Canelare		158	1,0	1,0
Oțel carbon, oțel crom și oțel-crom-nichel	$\sigma_r \leq 65 \frac{daN}{mm^2}$	Plană	R_p 3	191	1,0	0,75
		Canelare		214	1,0	1,0
	$\sigma_r > \frac{daN}{mm^2}$	Plană		191	1,0	0,75
		Canelare		214	1,0	1,0
Aliaje ale cuprului		Plană		55	1,0	0,66

Tabelul 12.36

Coeficienții și exponenții pentru calculul vitezei de așchiere la rabotare și mortezare, cu formula $v = C_v k_v / (T^m t^{y_v} s^{x_v})$ [24]

Materialul prelucrat	Felul prelucrării	Materialul sculei	Valoarea coeficienților și exponenților			
			C_v	y_v	x_v	m
Fontă cenușie HB 190	Plană	K 40	162	0,15	0,4	0,2
	Canelare		38,2	0	0,4	0,2
	Plană	Rp 3	39,2	0,15	0,4	0,10
	Canelare		19,5	0	0,4	0,15
Oțel carbon, oțel crom și oțel crom-nichel $\sigma_r = 65$ daN/mm²	Plană	Rp 3	61,1	0,25	0,66	0,12
	Canelare		20,2	0	0,66	0,25
Aliaje ale cuprului	Plană		167	0,12	0,5	0,23

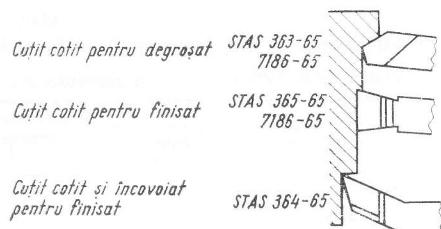


Fig. 12.90. Cuţite de rabotat standardizate

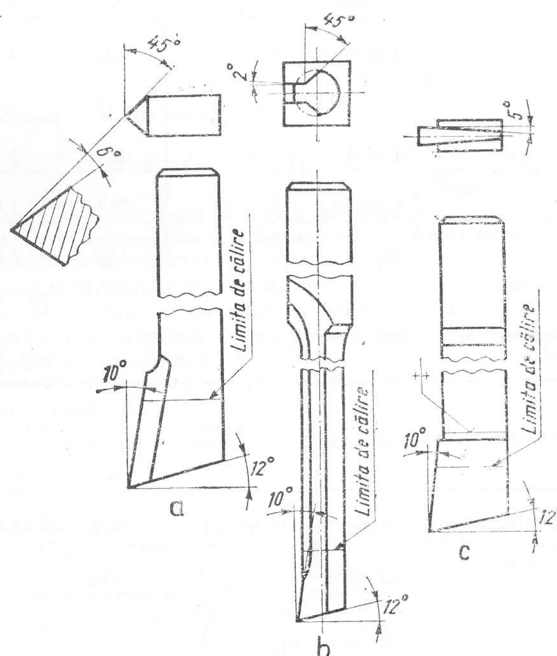


Fig. 12.91. Cuţite de mortezat standardizate:
a — degroşare; *b* — canale de pană; *c* — canelat

Timpul de bază la maşini-unelte cu mişcarea principală rectilinie [60]. Se calculează cu formula (12.38), în care valorile lui l, l_1 şi l_2 se iau din [60, p. 46—47].

12.2.2.3. *Cuţite pentru rabotat şi mortezat.* În figura 12.90, se dau cuţitele de rabotat standardizate şi utilizarea lor. Valoarea parametrilor geometrici este dată în STAS

R 6781-63 şi STAS R 6375-61. Condiţiile tehnice sînt date în STAS 6542-62 şi STAS 6541-62.

În figura 12.91, se dau cuţitele de mortezat standardizate. Condiţiile tehnice sînt date în STAS 6542-62.

12.2.3. BROŞAREA

12.2.3.1. MAŞINI-UNELTE DE BROŞAT. În figura 12.92, se dă schema principială de lucru şi de acţionare (hidraulică) a unei maşini de broşat interior, orizontală.

Acţionarea motorului hidraulic rectiliniu M_H se face, de obicei, cu una sau două pompe cu debit constant P_{DC}, iar viteza de aşchiere v_a se reglează continuu, cu ajutorul droselului D_r. Inversarea mişcării de comandă prin distribuitorul D, iar limitarea valorii

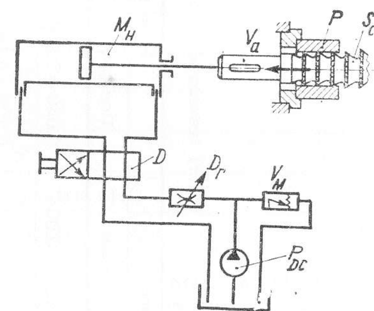


Fig. 12.92. Schema principială a unei maşini de broşat

maxime a presiunii lichidului din sistem se face cu ventilul maximal V_M. Forţa de tracţiune exercitată asupra sculei S_c poate atinge 5 000—40 000 daN sau chiar mai mult.

12.2.3.2. PARAMETRII OPERAŢIEI DE BROŞARE. **Precizia prelucrării.** La broşarea interioară, în condiţii obişnuite, se obţine calitatea 7 ISO; iar la broşarea exterioară — calitatea 7 ... 9 ISO. Rugozitatea: $Ra = 0{,}8 \ldots 1{,}6$ µm. La prelucrarea danturii, se obţine calitatea 8 ISO; iar erorile de divizare 6 ... 16 µm [33].

Forţele de aşchiere. Forţa de aşchiere se calculează cu expresia $F = pa\Sigma b\, k_F$[daN], în care p este apăsarea specifică de aşchiere (tabelul 12.37 [33]), a — grosimea aşchiei ridicate de un dinte (tabelul 12.38 [33]), Σb — suma lăţimii tuturor tăişurilor care prelucrează simultan, $k_F = k_\rho k_w k_\alpha k_\gamma$, $k_{\rho,\alpha,w,\gamma}$ fiind coeficienţii de corecţie în legătură cu raza de ascuţire ρ, respectiv fluidul de aşchiere w, unghiul de aşezare α sau unghiul de degajare γ (tabelul 12.39).

Tabelul 12.37

Valorile apăsării specifice de așchiere p daN/mm² [33]

Materialul prelucrat	Grosimea așchiei, a, mm 0,02	0,05	0,1	Materialul prelucrat	Grosimea așchiei, a, mm 0,02	0,05	0,1
OL C 15	270	280	290	13 CN 23	450	360	310
OL C 35	340	290	250	36 Mo CN10	350	320	200
OL C 45	360	280	240	Rul 1	430	360	310
OL 50	430	330	270	13 NC 185	360	300	260
OL 70	280	250	220				

Tabelul 12.38

Valori recomandate pentru grosimea așchiei a mm [33]

Materialul prelucrat	Broșe cilindrice		Broșe plane		Broșe pentru canale și dantură
	Degroșare	Finisare	Degroșare	Finisare	
Oțel	0,015−0,030	0,0025−0,004	0,040−0,100	0,010−0,015	0,020−0,080
Fontă cenușie			0,100−0,150	0,040−0,060	0,040−0,100
Aliaje de aluminiu și magneziu (după proprietățile mecanice)	0,015−0,080	0,0025−0,010	0,040−0,100	0,010−0,015	0,020−0,100
Alama și bronzul	Ca la aliajele de aluminiu				
Aliaje cu conținut ridicat de nichel	0,040−0,075		0,050−0,100		0,050−0,100

Tabelul 12.39

Valoarea coeficienților k_ρ, k_w, k_α, k_γ (I. M. Besprozvannîi)

Coeficientul		Valoarea coeficientului
k_ρ	Dinte ascuțit	1
	Dinte cu uzură normală (0,3 mm) pe fața de așezare	1,15
	Dinte cu uzura pe fața de așezare <1 mm	1,75
k_w	Ulei cu sulf	1
	Emulsie 10%	1,13
	Uscat (pentru oțel)	1,34
k_γ	γ = 10...12°	1
	γ = 6...8°	1,13
	γ = 0...2°	1,35
k_α	α = 2...3°	1
	α < 1° (pentru oțel)	1,2
	α < 1° (pentru fontă)	1,12

Regimul de așchiere. Viteza de așchiere se calculează conform formulei date în tabelul 12.4. Valorile coeficientului și exponenților se dau în tabelul 12.40, iar coeficientul k_v se poate lua analog operației de strunjire.

Tabelul 12.40

Valoarea coeficientului și exponenților C_v, m, y_v

Materialul prelucrat	Broșare rotundă C_v	m	y_v	Canelare C_v	m	y_v
OL C 45, *HB* 160−180 41 C10, 15 C 07,	12	0,62	0,62	11	0,60	0,75
13 CN 33	11	0,62	0,62	10	0,60	0,75
OL C 45, *HB* 220−260; 41 C 10, *HB* 200−230; 15 C 07, *HB* 180−220; 13 CN 33, *HB* 180−220	8	0,62	0,62	5	0,60	0,75
Fontă *HB* 160−180	10	0,50	0,60	12,5	0,50	0,60
Fontă *HB* 190−220	8,2	0,50	0,60	10,5	0,50	0,60

Timpul de bază la broşare [60]. Se calculează cu formula $t_b = (l + l_1 + l_2)i/(1000v)$ [min], în care $l = l_{ub}$ (lungimea utilă a broşei) plus l_p (lungimea piesei), mm (fig. 12.93); $l_1 = 0$; $l_2 = (5 ... 10)$ mm.

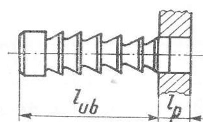


Fig. 12.93. Calculul timpului de bază la broşare [60]

12.2.3.3. BROŞE. **Broşe interioare.** În figura 12.94 se dau desene reprezentînd diferite operaţii de broşare *interioară şi exterioară* [65] [2], iar în figura 12.95 diferite construcţii de broşe.

Broşa are 4—6 părţi distincte (fig. 12.94,*a*): coada, a cărei lungime l_1 serveşte la fixare [STAS 7991-67], iar lungimea l_2 depinde de lungimea piesei, dispozitivului şi flanşei maşinii de broşat); conducerea din faţă de lungime l_3; partea de aşchiere, de lungime l_4, la care ultimii 2—3 dinţi sînt de finisare; partea de rezervă şi calibrare, de lungime l_5; partea de conducere din spate, de lungime l_6, şi partea finală de lungime l_7.

Pentru uniformizarea procesului de aşchiere şi evitarea vibraţiilor, pasul danturii se poate lua variabil, 0,1—0,5 mm de la un dinte la altul, pe un interval de 3—5 dinţi,

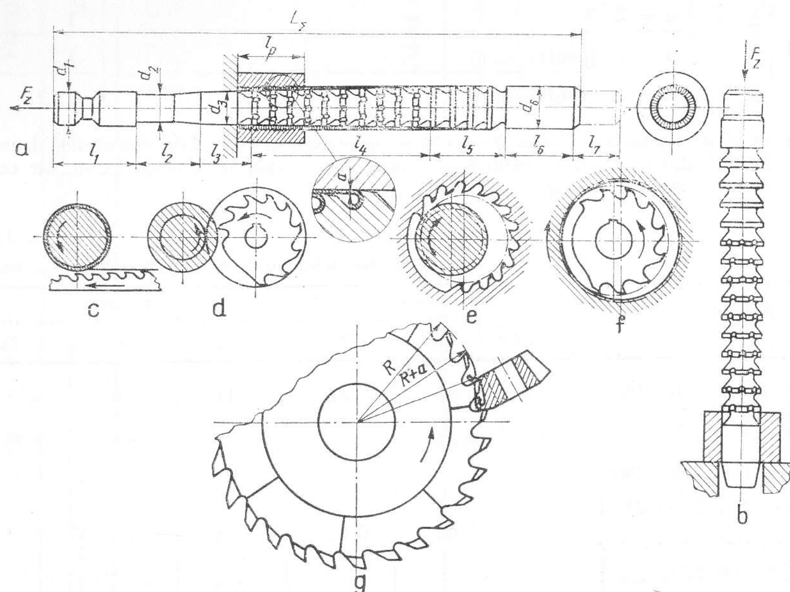


Fig. 12.94. Diferite operaţii de broşare:
a — la întindere; *b* — la compresiune; *c, d, e, f* — strunjire; *g* — danturare

după care se repetă. Valoarea pasului: $p = (1,25-1,5)\sqrt{l_p}$. Înălţimea dinţilor $h = \sqrt{kal_p}$, în care k depinde de forma şi grosimea aşchiilor (tabelul 12.41). Forma dinţilor: (fig. 12.96, *a*), $f_1 = (0,32-0,43)p$, $f = 0,05$ mm, pentru partea de „calibrare", faţeta f

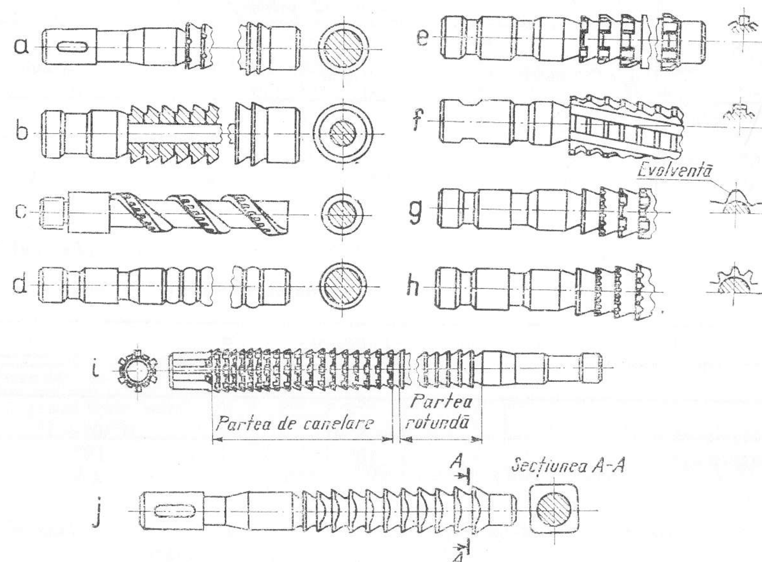


Fig. 12.95. Diferite construcţii de broşe

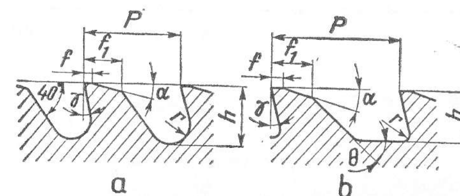


Fig. 12.96. Forma dinţilor broşei:
a — dantură obişnuită; *b* — dantură cu pas mărit

are valoarea 0,2 mm, crescînd treptat pînă la 1,2 mm pentru ultimul dinte. În cazul cînd locaşul de broşat este întrerupt, apărînd două aşchii (fig. 12.96, *b*), $f_1 = h$ şi $\theta = 20...30°$. La broşarea interioară, unghiul de aşezare se ia mic pentru ca broşa să nu-şi piardă dimensiunea prin reascuţire; la broşarea exterioară, α se ia mai mare (tabelul 12.42). Unghiul de degajare se ia în funcţie de materialul prelucrat (tabelul 12.3).

Numărul de dinţi: partea de degroşare, $z_4' = [(A - 2\Sigma a_{fin})/2a] + 1$ — în care A este adaosul de prelucrare pe diametru, $2\Sigma a_{fin}$ — grosimea materialului ridicat de dinţii de finisare pe diametru, a — grosimea aşchiei (tabelul 12.38), a_{fin} — grosimea aşchiei pe dinţii de finisare (grosimea aşchiei se ia mai subţire şi scade cu 0,01...0,02 mm pe

Tabelul 12.41

Valoarea coeficientului k pentru determinarea înălţimii dintelui broşei (A. M. Danielian)

a mm	Materialul prelucrat			
	Oţel		Fontă şi bronz	Alamă, cupru, aluminiu
	$\sigma_r \leqslant 70$ daN/mm²	$\sigma_r > 70$ daN/mm²		
<0,03	2	3	1,5	2
0,03–0,07	3	4	2	3
>0,07	4	4,5	3	4

Tabelul 12.42

Valoarea unghiului de aşezare la broşe

Tipul broşei	α	
	Partea de aşchiere	Partea de „calibrare"
Broşă interioară	2 ··· 3°30′	0°30′ ··· 1°
Broşă exterioară	10°	10°

Tabelul 12.43

Valoarea unghiului de degajare la broşe

Materialul prelucrat			γ°
Oţel	σ_r	<60 daN/mm²	15–18
		60–100 daN/mm²	12–15
		>100 daN/mm²	8–10
Fontă	*HB*	⩽180	8–10
		>180	4–8
Fontă maleabilă			10
Aluminiu			12–15
Bronz			0–5
Compoziţie pentru lagăre (babbit)			10–15
Cupru tehnic pur			15
Alamă fragilă			2
Alamă moale			6

diametru, de la un dinte de finisare la altul); partea de finisare $z_4'' = 2-3$; partea de aşchiere, $z_4 = z_4' + z_4''$; partea de „calibrare", $z_5 = x\,\mathrm{tg}\alpha/a_{fin3}$, în care $x = (0,5...0,6)f_1$ şi a_{fin3} – grosimea aşchiei pe ultimul dinte de finisare.

Lungimea broşei: l_1 se alege în funcţie de forma capului de fixare; l_2 se stabileşte grafic [38, p. 284]; $l_3 = l_p$ pentru $l_p \leqslant 50$ şi oricare diametru, $l_3 = 50$ mm pentru $l_p > 50$ mm şi $D = 50 ... 100$ mm şi $l_3 = 80$ mm pentru $l_p > 50$ mm şi $D > 100$ mm; $l_4 = z_4 p$; $l_5 = z_5 p_5$; $l_6 = (1,5 ... 2)D$ pentru $l_p \geqslant 2D$; $l_\Sigma = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6$; se verifică lungimea dacă nu depăşeşte condiţiile de rigiditate şi anume $40D$ în care D este diametrul părţii de „calibrare" pentru broşele rotunde, sau se folosesc valorile din tabelul 12.44 la broşe pentru canale de pană. De asemenea, se verifică dacă nu se depăşeşte lungimea cursei maşinii-unelte sau dacă există posibilităţi de execuţie a acesteia. Dacă se depăşeşte lungimea permisă, partea de aşchiere a broşei se împarte în mai multe broşe, prevăzîndu-se dinţi de rezervă şi partea de conducere din spate numai la ultima broşă.

Verificări: 1) rezistenţa cozii: $\sigma_z = (F_z/q_1) \leqslant \sigma_a$, în care q_1 este secţiunea periculoasă a cozii, $\sigma_a = 25$ daN/mm² pentru broşe rotunde din oţel rapid, $\sigma_a = 25$ daN/mm² pentru

Tabelul 12.44

Lungimele limită ale broşelor pentru canale de pană

Aria secţiunii broşei pentru primul dinte, mm²	35	50	150	240	390	545	645	835
L_Σ	500	700	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 500

broşe poligonale, caneluri, canale în evolventă şi $\sigma_a = 20$ daN/mm² pentru canale de pană; pentru broşele solicitate la compresiune, rezistenţa admisibilă se ia de 1,5 ori mai mare; 2) la strivire în cazul fixării broşei cu pana: $(F_z/bD_1) \leqslant 60$ daN/mm², în care b este lăţimea canalului de pană; 3) rezistenţa broşei într-o secţiune făcută prin primul canal pentru aşchii: $\sigma = 4k_i F_z/[\pi(D_4 - 2h)^2] \leqslant \sigma_a$; 4) dacă aşchiile au loc în canalele dintre dinţi: $k_1 = S_b/S_a = 3 ... 6$, în care $S_b \approx 0,79\,h^2$ (aria secţiunii canalului), $S_a = al_p$, $k_1 = 3 ... 4,5$ pentru $a = 0,02 ... 0,03$ mm, respectiv $k_1 = 6$ pentru $a = 0,05 ... 0,2$ mm (la materiale dure şi fragile, se iau valori mai mici pentru k_1). Coeficientul efectiv de concentrare a tensiunilor k_i se datoreşte particularităţilor comportării oţelurilor de scule tratate termic[1] ($k_i = 1,1 ... 1,15$).

În scopul fragmentării aşchiilor, dinţii sînt prevăzuţi cu şanţuri aşezate în şicană (fig. 12.97). Aşchiile devin mai puţin late, se aşează mai bine în canale şi nu zgîrie pereţii laterali, de exemplu la prelucrarea canalelor de pană.

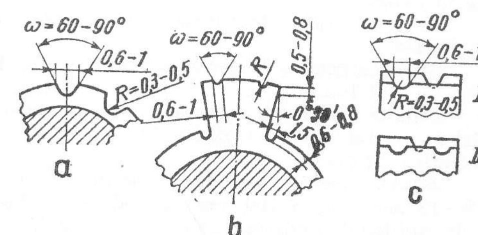


Fig. 12.97. Canale pentru fragmentarea aşchiilor

[1] *Z. M. Koniuşko:* **Cu privire la calculul de rezistenţă al broşelor. În:** Maşini-unelte şi scule (traducere din limba rusă), nr. 10/1955 pag. 35.

Este bine ca forma broşelor să plece de la forma circulară (fig. 12.98), astfel ajutîndu-se execuţia.

În cazul cînd broşa are dinţi pe două sau trei laturi (fig. 12.99), se va observa că există o legătură geometrică între geometria dinţilor. De asemenea, se va lua în considerare

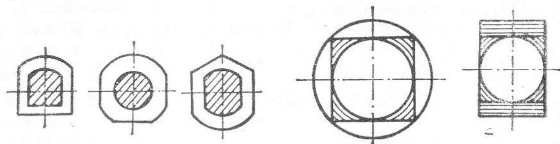


Fig. 12.98. Diferite profile de broşe

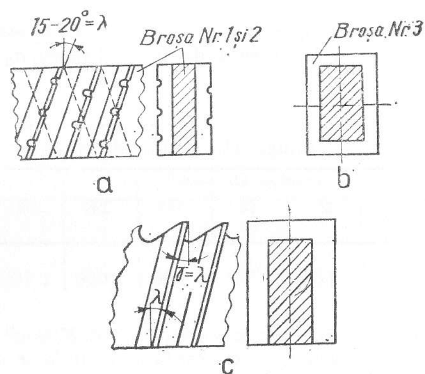


Fig. 12.99. Broşe cu dinţi pe 2—4 laturi:
a — cu 2 tăişuri; *b* — cu 4 tăişuri; *c* — cu 3 tăişuri

şi solicitarea excentrică a broşelor [7, vol. II, p. 975], care provoacă o întindere însoţită de încovoiere.

Pentru broşele de canelat s-au standardizat condiţiile tehnice în STAS 8040-67 şi 8041-67.

Broşe exterioare. Proiectarea acestora, (fig. 12.100), este uşurată, deoarece dimensiunile nu sînt limitate de mărimea găurii de prelucrat.

Diferite construcţii de broşe. *Broşe progresive* (fig. 12.101), la care stratul de material de aşchiat se împarte în fîşii înguste, astfel încît aşchiile au o lăţime mai mică. Durabilitatea broşei se măreşte.

Broşele elicoidale (fig. 12.95), se întrebuinţează la broşarea găurilor adînci, cu $D \leqslant$ 10—15 mm şi $l_p >$ 100 mm, în vederea evacuării aşchiilor. Pe lîngă deplasarea rectilinie, are loc şi o mişcare de rotaţie a broşei.

Broşele pentru canale elicoidale (fig. 12.95), diferă de broşele obişnuite prin faptul că dinţii se dispun în şiruri elicoidale. Forţa de aşchiere creşte cu cca 60%, iar datorită frecărilor care intervin, are loc o rămînere în urmă a înclinării canalelor broşate fapt pentru care unghiul elicei broşei se va lua cu 2—3′ mai mare, dar urmează neapărat şi o verificare practică.

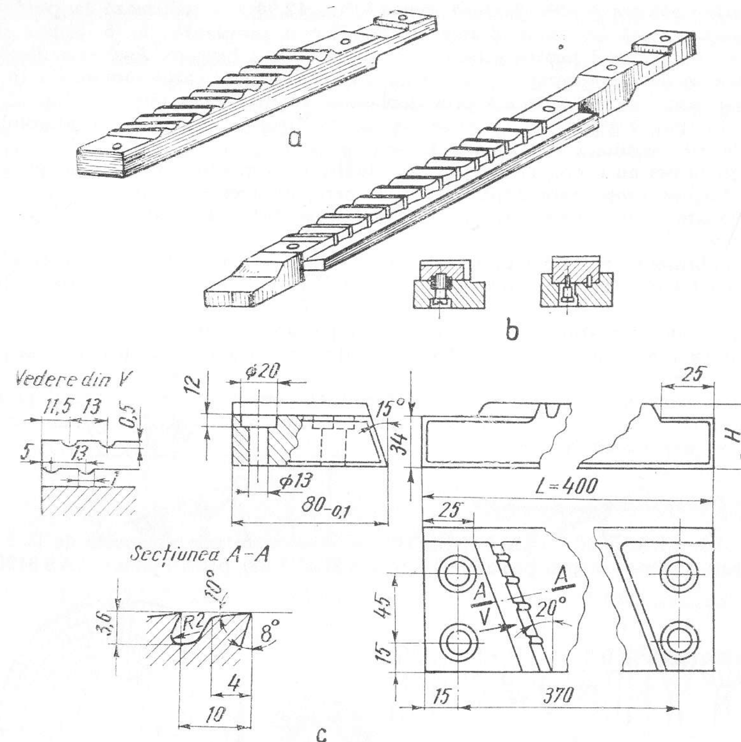


Fig. 12.100. Broşe pentru exterior:
a — monobloc; *b* — din bucăţi; *c* — construcţia broşei

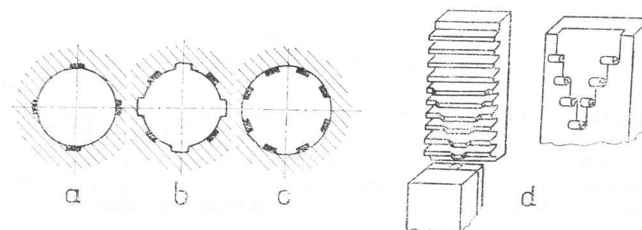


Fig. 12.101. Broşa progresivă:
a, b, c — broşare rotundă; *d* — broşare plană

Broşele circulare pentru dantură conică[1] (fig. 12.94), se utilizează la producţia de serie mare sau masă. Broşa are diametrul de 540 mm, prevăzută cu 75 dinţi aşchietori, 48 pentru degroşare, 7 pentru semifinisare şi 20 pentru finisare. Aşchierea fiecărui gol al danturii se face în timpul unei rotaţii a broşei. Semifabricatul rămîne fix în timpul prelucrării. Avansul se realizează prin deplasarea rectilinie a sculei de-a lungul golului dintelui. În timpul degroşării, broşa se deplasează dinspre capătul îngust al golului spre capătul lat al acestuia, iar la finisare în sens invers.

Dinţii broşei au o creştere treptată pe înălţime şi grosime, sau numai pe grosime. Profilul dinţilor broşei este după un arc de cerc, de acelaşi diametru, dar cu centrul de coordonate diferit pentru fiecare dinte. Dinţii sînt detalonaţi avînd parametrii: $\alpha = 10°$; $\gamma = 15°$.

Discul broşei prezintă două porţiuni fără dinţi: în prima se aşeză dispozitivul pentru prelucrarea teşiturilor; în a doua se execută rotirea semifabricatului după prelucrarea unui gol.

Dinţii semifabricatului sînt prelucraţi după arce de cerc.

Broşe cu dinţi separaţi (fig. 12.95). Se utilizează în special la prelucrarea găurilor de diametru mare.

Broşe pentru netezire (fig. 12.95). Deformează remanent pereţii găurii prelucrate, netezîndu-i şi ecruisîndu-i. Se iau $a = 0{,}01 \ldots 0{,}02$ mm, $v = 8 \ldots 20$ m/min iar forţele se stabilesc experimental.

12.2.4. **PILIREA**

12.2.4.1. CLASIFICAREA PILELOR. Se deosebesc: pile obişnuite de lăcătuşerie, pile de ceasornicărie; raşpele pentru lemn (STAS 8120/2-68), pentru piele (STAS 8120/3-68),

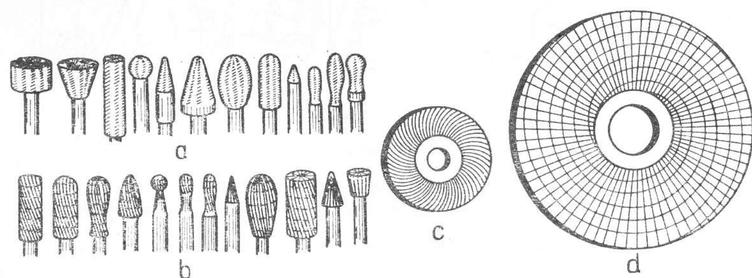


Fig. 12.102. Pile pentru maşină:
a — rotative tăiate; *b* — rotative frezate; *c* — disc

pentru potcovărie (STAS 8120/4-68), pile pentru maşină — prismatice, semirotunde) triunghiulare, patrate, late, rotative tăiate sau frezate (fig. 12.102, *a* şi *b*), disc (fig. 12.102, *c*).

12.2.4.2. DANTURA PILELOR. Capacitatea de aşchiere a pilelor depinde de unghiul de înclinare al dinţilor faţă de axa pilei, de pasul danturii, unghiul de degajare al dinţilor, forma dinţilor. Se deosebesc: pile cu tăietură simplă, înclinată la dreapta ($\beta = 60°$),

[1] *L. Z. Ganopolski:* **Nekotorie voprosi teorii zubciatih koles kmgovogo zatepleniia i rasciota instrumenta dlea ih narezania.** În Novoe v Konstruirovanii metallorejuscih. Sub redacţia prof. I. I. Semencenko, Maşghiz, 1958, p. 107–201:

(fig. 12.103, *a*), pentru materialele neferoase, pile cu tăietură dublă (fig. 12.103, *b*), pentru materiale feroase. La pilele cu tăietură dublă, tăietura de bază este cea superioară, care ridică aşchiile; tăietura superioară are înclinarea la dreapta ($\beta = 70°$), iar cea inferioară la stînga ($\alpha = 50°$). Tăietura feţei laterale are înclinarea la dreapta ($\omega = 75°$).

Fineţea danturii este definită prin numărul de dinţi pe centimetru măsurat în direcţia axei pilei. Se deosebesc patru clase de danturi (STAS 631-67): 0 — aspră, 1— bastardă, 2 — semifină, 3 — fină. Pasul tăieturii inferioare este mai mare cu 10% faţă de

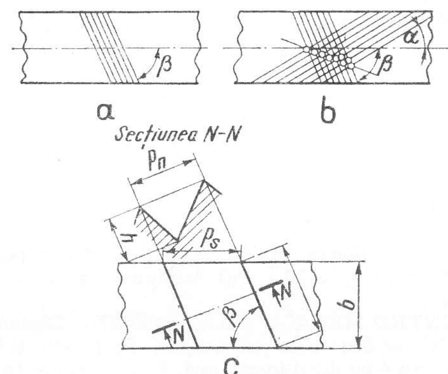


Fig. 12.103. Dantura pilelor:
a — simplă; *b* — dublă; *c* — determinarea volumului canalelor

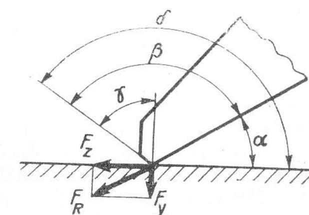


Fig. 12.104. Geometria răzuitorului

pasul tăieturii superioare. Pasul tăieturii feţelor laterale este mai mic cu 5% faţă de pasul tăieturii superioare.

La alegerea mărimii pasului (pasul normal faţă de dinţi), este necesar să se ţină seama de valoarea cursei pilei, respectiv de volumul aşchiei rezultate. Volumul teoretic al golului dintre dinţi [42, p. 136] : $V = 0{,}25\ bp_n^2/\sin\beta$ — în care b este lăţimea pilei p_n — pasul normal. Volumul util: $V_u \approx 0{,}6\ V$. Între volumul util şi volumul aşchiei ridicate trebuie să existe o rezervă: $V_u/V_a \geqslant k$, în care V_a este volumul aşchiilor iar $k \approx 6$.

În STAS 630-67 se dau condiţiile generale pentru pile, iar în STAS 8120/1-68, pentru raşpele.

12.2.5. **RĂZUIREA**

Se consideră [18] (fig. 12.104): $\alpha \approx 15°$, $\gamma \leqslant -30°$, pentru oţel şi $\alpha \approx 10°$, $\beta \leqslant -15°$, pentru fontă dură $\alpha \approx 25°$. Răzuirea poate fi mecanizată.

12.2.6. **FERESTRUIREA**

12.2.6.1. PÎNZE PENTRU FERĂSTRAIE CU MIŞCARE ALTERNATIVĂ (STAS 1066-63). Sînt acţionate manual (tip. I) sau mecanic (tip. II). Geometria danturii este dată în fig. 12.105, *a*. Pentru micşorarea frecării laterale, la pînze tip I se execută

o ondulare (fig. 12.105,*b*), pe o înălţime de la vîrful dinţilor de maxim 6 mm, astfel încît să rezulte ondulaţii cu amplitudinea $g = 1{,}2\ g_1$ (în care g_1 este grosimea pînzei) şi lungimea undelor 10 mm; la pînzele tip II, se prevede ceaprazurire (fig. 12.105,*c*),i de lăţime $g = (1{,}3 \ldots 1{,}5)g_1$.

Fig. 12.105. Pînze pentru ferăstraie cu mişcare alternativă:

a — geometrie dantură; *b* — ondulare; *c* — ceaprazuire

Viteza de aşchiere depinde de materialul prelucrat [18]: $v = 30 \ldots 47$ m/min pentru $\sigma_r \leq 70$ daN/mm², $v = 20 \ldots 31$ m/min pentru $\sigma_r = 70 \ldots 100$ daN/mm², $v = 14 \ldots 22$ m/min pentru $\sigma_r = 100 \ldots 130$ daN/mm².

12.2.6.2. FREZE FERĂSTRĂU PENTRU METALE (STAS 1159-67). Diametrul $D = 33 \ldots 250$ mm. După mărimea pasului, se deosebesc patru tipuri: tip I cu dinţi fini; tip 2 cu dinţi normali; tip 3 cu dinţi rari; tip 4 cu dinţi foarte rari. Se construiesc în trei clase de precizie: *A* şi *B* pentru tipul 1 şi 2, cu $D = 32 \ldots 80$ mm, pentru canelare şi crestare şi *C* pentru tipul 1, 2, 3 şi 4, cu $b \geq 1$ mm, pentru debitare sau retezare. În fig. 12.106, se dă forma danturii.

12.2.6.3. PÎNZE DE FERĂSTRĂU CIRCULAR CU SEGMENŢI (STAS 6734-67). Se construiesc pentru diametre $D = 275 \ldots 1010$ mm, fiind constituite dintr-un disc şi segmenţi din oţel rapid R_p 3 sau R_p 4, fixaţi cu nituri. După numărul de dinţi pe segment, se deosebeşte dantură: rară, medie şi fină. În fig. 12.107 se dă geometria recomandată pentru dantură. Viteza de aşchiere se dă în tabelul 12.45 [18].

12.2.7. FREZAREA

12.2.7.1. MAŞINI-UNELTE DE FREZAT. **Maşini de frezat cu consolă, orizontale.** În fig. 12.108, se dă schema principială de lucru a acestor maşini.

Ecuaţia cinematică a lanţului principal:

$$n_i = n_{M1}\ i_1 i_2 i_3 i_4 i_{VT} i_5 i_6\ [\text{rot/min}].$$

Ecuaţia cinematică a avansului longitudinal:

$$s_x = n_{M2}\ i_7 i_8 i_{VA} i_9 i_{10} i_{11} t_x\ [\text{mm/min}],$$

$$\text{sau } s_x' = s_x/n_i\ [\text{mm/rot}] \text{ şi } s_x'' = s_x/(n_i z_s)\ [\text{mm/dinte}],$$

în care i_{VA} este raportul de transfer al cutiei de avansuri; t_x — pasul şurubului conducător $Ş_x$; s_x, s_x', s_x'' — avansul mesei longitudinale, z_s— numărul de dinţi al frezei. Ecuaţia cinematică a avansului transversal:

$$s_y = n_{M2} i_7 i_8 i_{VA} i_y \cdot i_{10} i_{13} t_y\ [\text{mm/min}],$$

$$\text{sau } s_y' = s_y/n_i\ [\text{mm/rot}] \text{ şi } s_y'' = s_y/(n_i z_s)\ [\text{mm/dinte}],$$

în care t_y este pasul şurubului conducător $Ş_y$; s_y, s_y', s_y'', avansul transversal al saniei.

Tip 1: $r_1 \cong \frac{p}{5}$

Tip 2: $r_1 \cong \frac{p}{5}$

Tip 3 şi 4: $h \cong 0{,}4p$; $r_1 \cong (0{,}55-0{,}60)h$

Dinţi alăturaţi Forma I; 0,3x45°

Forma II; cx45°

Forma III; cx45°; Dinte curăţitor; Dinte degrosisor

Fig. 12.106. Freze-ferăstrău pentru metale

Ferăstrău cu coadă				Ferăstrău cu bandă		
Material cu σ_r daN/mm²	<70	70–100	100–130	Material	Oțel	Oțel de scule
v medie m/min v maximă m/min	30 47	20 31,5	14 22	v m/min	60	30
Numărul de curse duble pe minut la curse de				Material	Capete de turnare cu coajă	Alamă, Bronz cu Sn de turnătorie
140 mm 150 mm 160 mm	108 98 93	73 67 63	50 47 43	v m/min	20–30	100

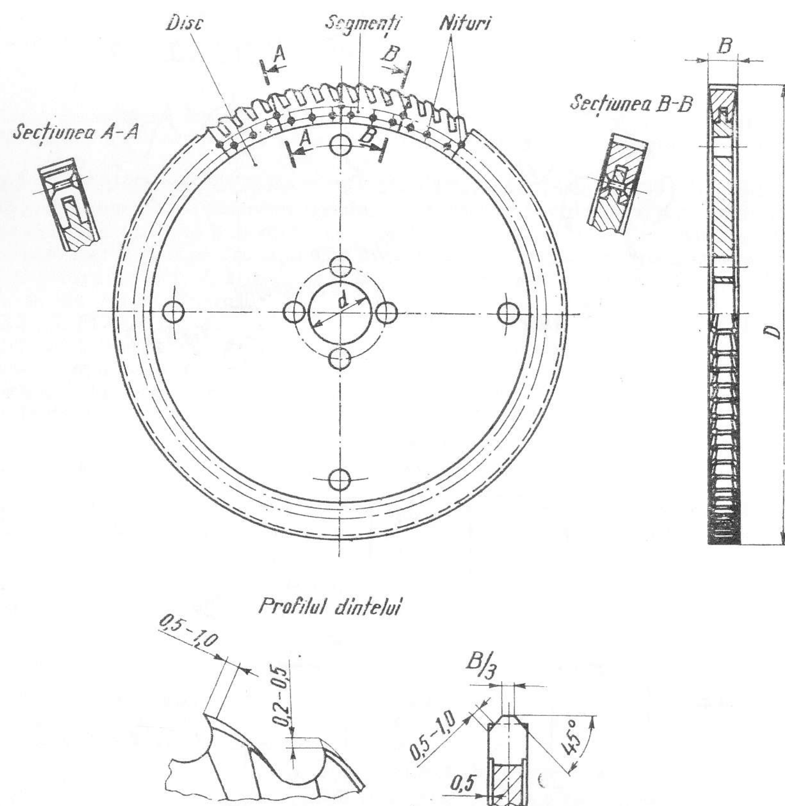


Fig. 12.107. Pînze de ferăstrău circular cu segmenți

Tabelul 12.45

Regimul de așchiere pentru ferăstraie [18]

Oțel rapid	Cupru	Ferăstrău circular			
		Material	Ferăstrău de masă	Cu sanie și pîrghie	La cald
20	80	Oțel după duritate		v = 9–30 s = 10–400	v = ... 6000 s = 50–250
Metale ușoare	Materiale presate	Bronz pentru turnătorie zinc, bronz	v = ... 300 s = ... 400	v = 200–800 s = 300–600	
400–1200	300–900	Materiale ușoare	v = ... 600 s = ... 1000	v = ... 500 s = ... 600	

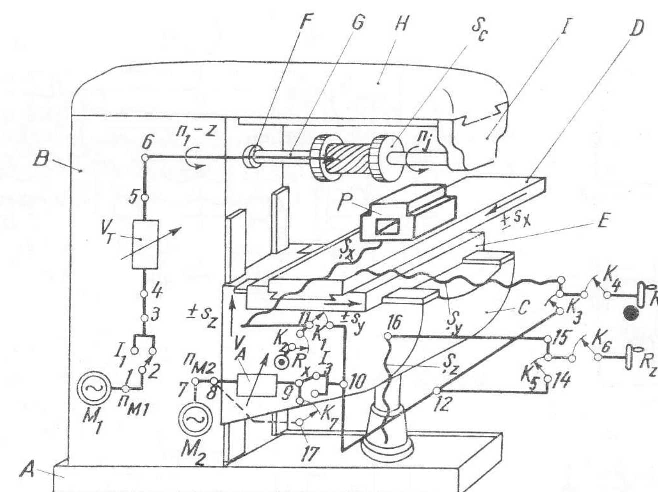


Fig. 12.108. Schema principială a mașinii de frezat cu consolă, orizontală.

Ecuația cinematică a avansului vertical:

$$s_z = n_{M2}\, i_7 i_8 i_{VA} i_9 i_{10} i_{12} i_{14} i_{15} i_{16} t_z \text{ [mm/min]},$$

sau $s_z' = s_z/n_i$ [mm/rot] și $s_z'' = s_z/(n_i z_c)$ [mm/dinte], în care t_z — pasul șurubului conducător $Ș_z$; s_z, s_z', s_z'' — avansul vertical al consolei.

Ecuații cinematice pentru poziționarea piesei față de sculă:

$$v_{rx} = n_{M2} i_7 i_8 i_{17} i_9 i_{10} i_{11} t_x \text{ [mm/min]},$$

$$v_{ry} = n_{M2} i_7 i_8 i_{17} i_9 i_{10} i_{13} t_y \text{ [mm/min]},$$

$$v_{rz} = n_{M2} i_7 i_8 i_{17} i_9 i_{10} i_{14} i_{15} i_{16} t_z \text{ [mm/min]},$$

în care v_{rx}, v_{ry}, v_{rz} sînt vitezele de deplasare rapidă a mesei pe cele trei direcții x, y, z.

Mişcările pentru avansuri de lucru, precum şi cele pentru deplasările rapide pe cele trei direcţii x, y, şi z, pot fi selectate cu ajutorul cuplelor K_1, K_3 respectiv K_5.

Mişcarea de reglare a mesei poate fi făcută şi manual, prin roţile manuale R_x, R_y şi R_z şi cuplele K_2, K_4 şi K_6.

Maşini de frezat verticale. Din punct de vedere cinematic, sînt asemănătoare (în unele cazuri chiar identice) cu cele orizontale. Se deosebesc maşini de frezat verticale normale sau universale.

Maşini de frezat plan. În fig. 12.109 (după Catalogul Fritz Werner), sînt date cîteva variante constructive de maşini de frezat plan, orizontale sau verticale. Din punct de vedere

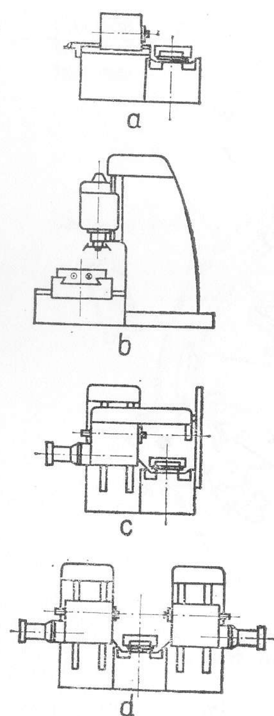


Fig. 12.109. Maşini de frezat plan (Fritz Werner)

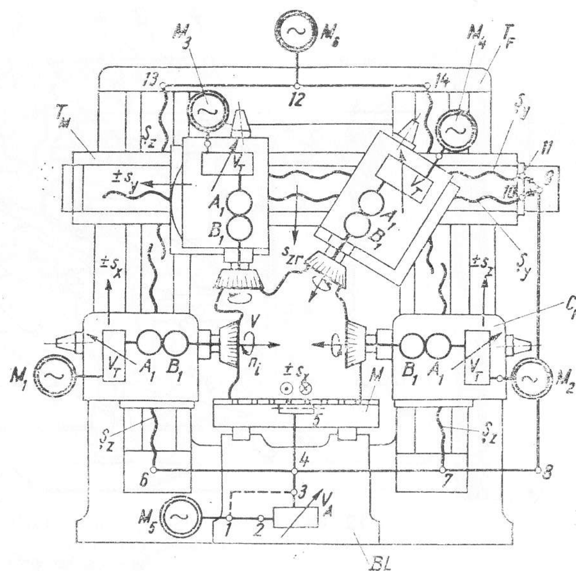


Fig. 12.110. Maşină de frezat longitudinal, portală.

cinematic, aceste maşini au un lanţ cinematic al mişcării principale de aşchiere, care asigură rotirea sculei şi un lanţ cinematic al mişcării secundare, de avans, care asigură deplasarea mesei.

Maşini de frezat longitudinal. Din punct de vedere al caracteristicilor cinematice şi tehnologice, au mare asemănare cu maşinile de frezat plan. Se construiesc cu masă mobilă sau fixă.

Maşinile de frezat longitudinale, cu masă mobilă, pot fi: cu o coloană şi cu cap de frezat; cu două coloane şi mai multe capete de frezat. Primele se confundă aproape integral cu maşinile de frezat plan, diferenţa constînd din existenţa unei traverse orizontale, pe care se poate deplasa şi înclina capul de frezat; cele cu două coloane, în majoritatea lor, se construiesc de tip portal.

În figura 12.110, se dă schema principială cinematică şi de lucru a unei maşini tip portal.

Mişcările maşinii:

— mişcarea principală, de aşchiere, se realizează printr-un lanţ cinematic scurt, individual pentru fiecare cap de frezat: motorul electric M_1 ... M_4 — cutia de viteze V_T combinată cu roţi de schimb A_1/B_1 sau numai cu roţi de schimb;

— mişcarea de avans longitudinal, care rezultă din deplasarea mesei M pe cale mecanică, hidraulică, hidromecanică şi electromecanică (grup Ward-Leonard); lanţul cinematic: M_5—*1*—*2*—V_A —*3*—*4*—*5*, care acţionează cremaliera fixată pe masa M;

— mişcarea de avans a capetelor de frezat pe direcţie verticală sau transversală (orizontală), au ca sursă de acţionare motorul electric M_5 şi lanţ cinematic comun pînă la nodul cinematic *4*, de unde se ramifică ajungînd prin *6* sau *7* la şuruburile conducătoare $Ş_z$, respectiv, prin *8*—*9*—*10* sau *8*—*9*—*11*, la şuruburile conducătoare $Ş_y$;

— mişcarea de deplasare pe verticală a traversei mobile T_M are ca sursă de acţionare motorul M_6 şi un lanţ cinematic scurt, cu rapoarte de transfer constante, prin care se face poziţionarea rapidă a capetelor de frezare; poziţionarea precisă se face manual, prin deplasarea axială a arborelui principal în capul de frezare.

Maşini de frezat prin copiere. Lucrează după un şablon, model sau program dat. În funcţie de poziţia arborelui principal, pot fi verticale sau orizontale. După metoda copierii, se disting maşini de frezat prin copiere: în plan, după două dimensiuni şi în spaţiu, după trei dimensiuni. În figura 12.111, se dă schema principială de lucru a unei maşini verticale. Şablonul $Ş$ este urmărit de palpatorul P_p, care, prin capul de palpare C_p (traductor), trimite semnalul de intrare în sistemul de comandă al mişcărilor sculei S_c, în vederea reproducerii formei şablonului pe piesa P, fixată pe masa M. Mişcarea de transport v_x este realizată de capul de frezare C_F, iar cea de urmărire v_y şi de alimentare v_z, intermitentă de masa M.

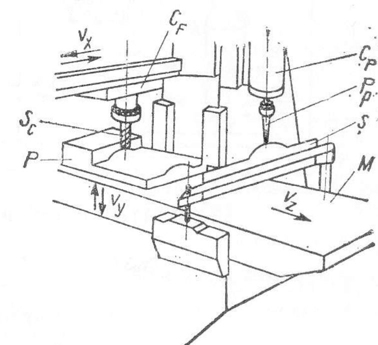


Fig. 12.111. Maşină de frezat prin copiere, verticală

În fig. 12.112, este dată construcţia şi lanţurile cinematice principiale ale unei maşini orizontale de frezat prin copiere. Din punct de vedere cinematic şi al elementelor componente, este asemănătoare celei verticale. Ecuaţii cinematice:

Fig. 12.112. Maşină de frezat prin copiere, orizontală

— mişcarea principală

$$n_i = n_{M1}\, i_{12} i_{13} i_{vT} i_{14} i_{15} \text{ [rot/min]};$$

— mişcarea pentru avansul de transport

$$v_x = n_{Mx} i_1 i_2 i_3 t_x \text{ [mm/min]};$$

— mişcarea pentru avansul de urmărire

$$v_y = n_{My} i_5 i_6 i_7 t_y \text{ [mm/min]};$$

— mişcarea pentru avansul de alimentare

$$v_z = n_{Mz} i_8 i_9 i_{10} i_{11} t_z \text{ [mm/min]};$$

în care t_x, t_y, t_z reprezenta pasurile şuruburilor conducătoare $Ş_x$, $Ş_y$ respectiv $Ş_z$.

Reglarea sensului şi valorii turaţiei motoarelor M_x şi M_y se face în mod automat de către elementul de comandă E_c, pe baza semnalului primit de la capul de palpare C_p, proporţional cu devierea palpatorului P_p sub influenţa profilului modelului. Motorul M_z este comandat de contactoarele C_{L1} şi C_{L2}, la terminarea fazelor de copiere şi repetarea ciclului de lucru, iar reglarea duratei de funcţionare se face de către elementul de comandă E_c.

12.2.7.2. PARAMETRII OPERAŢIEI DE FREZARE. **Sensul frezării.** Frezarea poate fi: *contra avansului* (fig. 12.113, *a*), *în sensul avansului* (fig. 12.113, *b*).

Fig. 12.113. Sensul frezării:
a — contra avansului; *b* — în sensul avansului

Precizia frezării. În cazul frezării cilindrice, precizia obţinută pentru paralelism şi planitate este de 0,1 ... 0,5 mm/1000 mm, iar rugozitatea Ra=3,2 ... 6,3 μm. La frezarea frontală, precizia de paralelism şi planitate este superioară, iar rugozitatea Ra = 6,3 ... 12,5 μm. La prelucrarea cu grup de freze, precizia de paralelism şi planitatea este mai mică: 0,5 ... 1 mm/1000 mm. În cazul frezării cu freze disc bilaterale, se obţine Ra = 1,6 ... 3,2 μm.

Forţa de aşchiere la frezare. Forţa de aşchiere se calculează cu expresia (12.12). Puterea necesară frezării are valoarea $P = F_z v = F_z \pi D n/1000$, adică $P = C_p\, 10^{-5} D_s^{q_p} s_d^{x_p} t^{y_p} t_l^{q_p} z n^{r_v}$[kW], în care coeficienţii şi exponenţii se iau din tabelul 12.46. Coeficienţii de corecţie se dau în tabelele 12.17, 12.50 şi 12.51 [24].

În cazul frezării cilindrice, forţa radială medie se poate lua (fig. 12.114), F_x = (0,6 ... 0,8) F_z; iar, în cazul frezelor cu dinţi elicoidali, forţa axială are valoarea F_y = 0,28 F_z tgλ. Componentele după orizontală şi verticală: în sensul avansului F_H = (0,8 ... 0,9) F_z, F_v = (0,7 ... 0,9) F_z; contra avansului F_H = (1,0 ... 1,1) F_z, F_v = ± (0,2 ... 0,3) F_z. În cazul frezării contra avansului, pentru ca componenta F_v să fie îndreptată în jos, este necesar ca $t_l/D \geqslant 0{,}03$ [52]; în cazul frezării în sensul avansului, componenta orizontală variază ca sens, fiind necesar să se prevadă două şuruburi de conducere a mesei.

La prelucrarea cu freză frontală: F_H = (0,6 ... 0,9) F_z.

Pentru determinarea forţelor la frezarea profilată, se consideră freza constituită din freze elementare cilindrice.

Fig. 12.114. Forţele de aşchiere la frezare

Regimul de așchiere. La stabilirea avansului, se ia în considerare [38, p. 318]:
— rigiditatea dornului frezei

$$s_d \leqslant \sqrt[x_{Fz}]{F_f D^{q_{Fz}} / (\sqrt{1 + k_x^2}\, C_{Fz} t^{y_{Fz}}\, t_l^{g_{Fz}})} \quad \text{[mm/dinte]}, \qquad (12.40)$$

în care $k_x = F_x/F_z$, $F_f = k_f E f_{adm} d^4/l^3$, $k_f = 1/9$ pentru dorn încastrat la un capăt și $k_f = 4$ pentru dorn încastrat la un capăt și sprijinit la celălalt, d — diametrul dornului, l — lungimea dornului, f_{adm} — săgeata admisibilă a dornului;
— rezistența mecanismului de avans al mesei

$$s_d \leqslant \sqrt[x_{Fz}]{F_{mu} D^{q_{Fz}} / (C_{Fz} t^{y_{Fz}}\, t_l^{g_{Fz}})} \quad \text{[mm/dinte]}, \qquad (12.41)$$

în care F_{mu} este forța de avans permisă;
— rugozitatea prescrisă pentru suprafața frezată (pentru oțel)

$$s_d = s/z = (1/z) \sqrt[1,2]{R_{max} D^{0,77} / (196\, t_l^{0,13})} \quad \text{[mm/dinte]}, \qquad (12.42)$$

în care R_{max} este rugozitatea maximă permisă.

Se adoptă pentru avans valoarea cea mai mică rezultată.

Viteza de așchiere se calculează cu formula din tabelul 12.4, în care coeficienții, exponenții și coeficienții de corecție se iau din tabelele 12.46—12.50 și 12.52 [24].

În cazul frezării danturii cu freză-modul disc, pentru prelucrarea oțelului OLC 45 cu duritatea HB 207, se consideră [24]:

$$v = 49/(T^{0,33} s^{0,45}) \text{ [m/min]}, \quad P = 0,175\, s^{0,9}\, m D_s^{1,1} \text{ [kW]},$$

în care m este modulul.

La frezarea filetului cu freză pieptene [24]:

$$v = C_v D_s^{0,5} / (T^{0,5} s_d^{0,4} p^{0,3}) \text{ [m/min] (oțel) și } v = C_v / (T^{0,33} s_d^{0,4} p^{0,28}) \text{ [m/min] (fontă)},$$

în care T și C_v se iau din tabelul 12.53 [24].

Timpul de bază se calculează cu formula (12.38), în care l, l_1 și l_2 se iau din [61, p. 51—58, 63—64, 69—70].

12.2.7.3. FREZE. **Freze standardizate.** În tabelul 12.54, se dă nomenclatorul frezelor standardizate. Tehnologia diferitelor elemente este dată în STAS 577-65. Parametrii geometrici ai părții așchietoare se iau din STAS R 1685-65. În cazul frezelor frontale, pentru prelucrarea fină a suprafeței fontei sau oțelului, se prevede $x_1 = 0$ sau dinți

Tabelul 12.46

Coeficienții și exponenții vitezei de așchiere și puterii, la frezare [24]

$$v = \frac{C_v\, D^{q_v}}{T^m\, t^{Y_v}\, s_d^{x_v}\, t_l^{g_v}\, z^{u_v}} k_v, \frac{\text{m}}{\text{min}} \text{ și } P = C_p 10^{-5} D_s^q\, p_t^{y_p}\, s_d^{x_p}\, t_l^{g_p}\, z n^{r_v}, \text{ [kW]}$$

Tipul frezei	Materialul sculei	Materialul prelucrat	Condiții de prelucrare mm, mm/rot	Coeficienții și exponenții pentru viteza de așchiere							Coeficienții și exponenții pentru putere					
				C_v	q_v	m	y_v	x_v	g_v	u_v	C_p	q_p	x_p	y_p	g_p	r_p
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Freza cilindrică	P 10	Oțel de construcție carbon și aliat (crom și crom-nichel) $\sigma_r = 65$ daN/mm²	$t \leqslant 35, t_1 \leqslant 2$	448	0,17	0,33	−0,05	0,28	0,19	0,1	5	0,13	1,0	0,75	0,88	1,0
			$t \leqslant 35, t_1 > 2$	510	0,17	0,33	−0,05	0,28	0,38	0,1						
			$t > 35, t_1 \leqslant 2$	708	0,17	0,33	0,08	0,28	0,19	0,1						
			$t > 35, t_1 > 2$	805	0,17	0 ,33	0,08	0,28	0,38	0,1						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Freză cilindrică	K 40	Fontă cenușie *HB* 180	$t_l < 2,5$, Sd $\leqslant 0,2$	796	0.37	0,42	0,23	0,19	0,13	0,14	2,8	0,1	1,0	0,8	0,9	1,0
			$t_l < 2,5$, Sd $> 0,2$	507	0,37	0,42	0,23	0,47	0,13	0,14						
			$t_l \geqslant 2,5$, Sd $\leqslant 0,2$	1018	0,37	0,42	0,23	0,19	0,4	0,14						
			$t_l \geqslant 2,5$, Sd $> 0,2$	647	0,37	0,42	0,23	0,47	0,4	0,14						
	Rp3	Oțel constr. carbon și aliat $\sigma_r = 65$ daN/mm²	$s_d \leqslant 0,1$	62,5	0,45	0,33	0,1	0,2	0,3	0,1	3,36	0,14	1,0	0,72	0,86	1,0
			$d > 0,1$	40,2	0,45	0,33	0,1	0,4	0,3	0,1						
		Fontă maleabilă *HB* 150	$s_d \leqslant 0,1$	77,0	0,45	0,33	0,1	0,2	0,3	0,1	1,54					
			$s_d > 0,1$	49,5	0,45	0,33	0,1	0,4	0,3	0,1						
		Aliaje cupru *HB* 150–200	$s_d \leqslant 0,1$	80,8	0,45	0,33	0,1	0,2	0,3	0,1	1,16					
			$s_d > 0,1$	52,0	0,45	0,33	0,1	0,4	0,3	0,1						
		Fontă cenușie *HB* 180	$s_d \leqslant 0,15$	60,5	0,7	0,5	0,3	0,2	0,5	0,3	1,49	0,17	1,0	0,65	0,83	1,0
			$s_d > 0,15$	28,3	0,7	0,5	0,3	0,6	0,5	0,3						
		Oțel austenitic 13 NC 185	—	44	0,29	0,24	0,1	0,34	0,3	0,1	—	—	—	—	—	—
Freză disc, plană și în trepte de canelat	P10	Oțel de constr. carbon și aliat (crom și crom-nichel) $\sigma_r = 65$ daN/mm²	$s_d < 0,12$	1465	0,2	0,35	0	0,12	0,4	0	13,8	−0,1	0,85	0,7	0,8	1,0
			$s_d \geqslant 0,2$	810	0,2	0,35	0	0,4	0,4	0						
			$s_d < 0,06$	2000	0,2	0,35	0,1	0,12	0,3	0	12,86	−0,1	1,1	0,8	0,9	0,9
			$s_d \geqslant 0,06$	757	0,2	0,35	0,1	0,4	0,3	0						
Freză disc, cu dinți demontabili	Rp3	Oțel const. carb. și aliat $\sigma_r = 65$ daN/mm²	$s_d \leqslant 0,1$	85,7	0,25	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	3,36	0,14	1,0	0,72	0,86	1,0
			$s_d > 0,1$	55,0	0,25	0,2	0,1	0,4	0,3	0,1						
		Fontă maleabilă *HB* 150	$s_d \leqslant 0,1$	105,8	0,25	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	1,54					
			$s_d > 0,1$	68,0	0,25	0,2	0,1	0,4	0,3	0,1						
		Aliaje cupru *HB* 150–200	$s_d \leqslant 0,1$	110,9	0,25	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	1,16					
			$s_d > 0,1$	71,4	0,25	0,2	0,1	0,4	0,3	0,1						
		Fontă cenușie *HB* 180	—	89,4	0,2	0,15	0,1	0,4	0,5	0,1	1,49	0,17	1,0	0,65	0,83	1,0

Tabelul 12.46 (continuare)

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			Oțel constr. carb. și aliat $\sigma_r = 65$	—	77,8	0,25	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	3,36					
	mono-bloc cu dinți drepți		Fontă maleabilă *HB* 150	—	95,8	0,25	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	1,54	0,14	1,0	0,72	0,86	1,0
			Aliaje cupru *HB* 150—200	—	100,8	0,25	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	1,16					
			Fontă cenușie *HB* 180	—	75,5	0,2	015	0,1	0,4	0,5	0,1	1,49	0,17	1,0	0,65	0,83	1,0
	Cu plăcuțe lipite		Oțel de construcție carbon	—	262	0,44	0,37	0,1	0,26	0,24	0,13						
	Cu coroană monobloc	P 10	$\sigma_r = 65$ daN/mm²	—	162	0,44	0,37	0,1	0,26	0,24	0,13	0,615	0,27	1,0	0,75	0,85	1,13
	Cu plăcuțe lipite		Oțel de construcție crom-nichel	—	382	0,65	0,5	0,18	0,28	0,32	0,23						
	Cu coroană monobloc		$\sigma_r = 65$ daN/mm²	—	244	0,65	0,5	0,18	0,28	0,32	0,23						
			Oțel de construcție carbon și aliat $\sigma_r = 65$ daN/mm²	—	53,0	0,45	0,33	0,1	0,5	0,5	0,1	3,36					
			Aliaje cupru *HB* 150—200	—	72,0	0,45	0,33	0,1	0,2	0,3	0,1	1,16	0,14	1,0	0,72	0,86	1,0
Freze cilindrice cu coadă	—	Rp 3	Fontă maleabilă *HB* 150	—	68,5	0,45	0,33	0,1	0,2	0,3	0,1	1,54					
			Fontă cenușie *HB* 180	—	75,5	0,7	0,25	0,3	0,2	0,5	0,3	1,49	0,17	1,0	0,65	0,83	1,0
			Oțel austenitic 13 NC 185	—	22,5	0,35	0,27	0,03	0,48	0,21	0,1	4,2	0,14	1,0	0,6	0,75	1,0

Tabelul 12.46 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Freze frontale	P10	Oțel de construcție carbon și aliat $\sigma_r = 65$	—	382	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	0	40,7	−0,3	1,1	0,75	1,0	0,8
	K30	Fontă cenușie *HB* 180	—	396	0,2	0,32	0,2	0,35	0,15	0	2,66	0	1,0	0,74	0,9	1,0
		Fontă maleabilă *HB* 150	$s_d \leq 0,18$	825	0,22	0,33	0,22	0,1	0,17	0	25,2	0,3	1,1	0,75	1,0	0,8
			$s_d > 0,18$	577	0,22	0,33	0,22	0,32	0,17	0						
		Oțel austenitic 13 NC 185	—	108	0,2	0,32	0,2	0,3	0,06	0	11,2	−0,15	1,0	0,78	0,92	1,0
	Rp 3	Oțel de construcție carbon și aliat $\sigma_r = 65$ daN/mm²	$s_d \leq 0,1$	73,5	0,25	0,2	0,15	0,2	0,1	0,1	4,05	−0,1	1,1	0,8	0,95	1,0
			$s_d > 0,1$	46,5	0,25	0,2	0,15	0,4	0,1	0,1						
		Aliaje cupru *HB* 150–200	$s_d \leq 0,1$	95,0	0,25	0,2	0,15	0,2	0,1	0,1	1,93					
			$s_d > 0,1$	60,4	0,25	0,2	0,15	0,4	0,1	0,1						
		Oțel austenitic 13 NC 185	—	49,6	0,15	0,14	0,2	0,3	0,2	0,1	—	—	—	—	—	—
Freză pentru canelat și retezat	Rp 3	Oțel de construcție carbon și aliat $\sigma_r = 65$ daN/mm²	—	60,2	0,25	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	3,36	0,14	1,0	0,72	0,86	1,0
		Fontă maleabilă *HB* 150	—	74,0	0,25	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	1,54					
		Aliaje cupru *HB* 150–200	—	78,0	0,25	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	1,16					
		Fontă cenușie *HB* 180	—	31,4	0,2	0,15	0,2	0,4	0,5	0,1	1,49	0,17	1,0	0,65	0,83	1,0
Freze profilate — Convexă	Rp 3	Oțel de construcție carbon și aliat $\sigma_r = 65$ daN/mm²	—	60,2	0,45	0,33	0,1	0,2	0,3	0,1	2,32	0,14	1,0	0,72	0,86	1,0
Freze profilate — Concavă și unghiulară			—	50,0	0,45	0,33	0,1	0,2	0,3	0,1	*)					
Freză deget de canelat cu două tăișuri	Rp3	Idem	—	13,6	0,3	0,26	0	0,25	0,3	0	—	—	—	—	—	—

*) Concavă: 2,32; unghiulară: 1,92

Tabelul 12.47

Valoarea coeficienţilor de corecţie k_{Mv} şi k_{Mp} [24]

Materialul	Duritate HB	σ_r daN/mm²	k_{Mv}	k_{Mp}
Freze frontale cu carburi metalice				
Oţel de construcţie carbon, crom şi nichel-crom		40—50	1,44	0,89
		50—60	1,18	0,95
		60—70	1,00	1,00
		70—80	0,87	1,04
		80—90	0,76	1,09
		90—100	0,68	1,12
		100—110	0,62	1,15
Fontă cenuşie	130—150		1,38	0,78
	150—170		1,16	0,89
	170—190		1,00	1,00
	190—210		0,88	1,11
	210—230		0,78	1,22
	230—250		0,70	1,33
Fontă maleabilă	100—120		1,47	0,73
	120—140		1,19	0,87
	140—160		1,00	1,00
	160—180		0,85	1,13
	180—200		0,74	1,26
Freze cilindrice cu carburi metalice				
Oţel de construcţie carbon, crom şi crom-nichel şi oţel turnat		40—50	1,44	0,89
		50—60	1,18	0,95
		60—70	1,00	1,00
		70—80	0,87	1,04
		80—90	0,76	1,09
		90—100	0,67	1,12
		100—110	0,58	1,15

Materialul	Duritate HB	σ_r daN/mm²	k_{Mv}	k_{Mp}
Oţel crom		40—50	1,48	0,89
		50—60	1,1	0,95
		60—70	0,88	1,00
		70—80	0,7	1,04
		80—90	0,59	1,09
		90—100	0,44	1,11
		100—110	0,36	1,15
Oţel crom-nichel		40—50	1,39	0,89
		50—60	1,17	0,95
		60—70	0,95	1,0
		70—80	0,79	1,04
		80—90	0,7	1,09
		90—100	0,49	1,12
		100—110	0,4	1,15
		110—120	0,34	1,18
Oţel nichel		40—50	1,47	0,89
		50—60	1,2	0,95
		60—70	1,01	1,0
		70—80	0,88	1,04
		80—90	0,78	1,09
		90—100	0,55	1,12
Oţel carbon de scule (C > 0,6%)		60—70	0,8	1,0
		70—80	0,7	1,04
		80—90	0,64	1,09
		90—100	0,46	1,12
		100—110	0,37	1,15

Materialul	Duritate HB	σ_r daN/mm²	k_{Mv}	k_{Mp}
Fontă cenuşie	130—150		1,21	0,78
	150—170		1,09	0,88
	170—190		1,00	1,00
	190—210		0,92	1,11
	210—230		0,86	1,22
	230—250		0,8	1,33
Freze disc, cu carburi metalice				
Oţel de construcţie carbon, crom şi crom-nichel		40—50	1,27	0,89
		50—60	1,12	0,95
		60—70	1,00	1,00
		70—80	0,91	1,04
		80—90	0,84	1,09
		90—100	0,78	1,12
		100—110	0,73	1,15
Freze cu coadă, cu carburi metalice				
Oţel de construcţie carbon		40—50	1,34	0,89
		50—60	1,14	0,95
		60—70	1,00	1,00
		70—80	0,89	1,04
		80—90	0,81	1,09
		90—100	0,74	1,12
		100—110	0,68	1,15
Oţel de construcţie crom-nichel		60—70	1,00	1,00
		70—80	0,82	1,04
		80—90	0,69	1,09
		90—100	0,59	1,12
		100—110	0,51	1,15
Freze din oţel rapid, diverse				
Oţel de construcţie carbon (C< 0,6%)		30—40	0,74	0,83
		40—50	0,91	0,89
		50—60	1,16	0,95
		60—70	1,00	1,00
		70—80	0,88	1,04
		80—90	0,79	1,09

Materialul	Duritate HB	σ_r daN/mm²	k_{Mv}	k_{Mp}
Oţel mangan		40—50	1,1	0,89
		50—60	0,9	0,95
		60—70	0,76	1,0
		70—80	0,66	1,04
		80—90	0,58	1,09
		90—100	0,41	1,12
		100—110	0,34	1,15
		110—120	0,28	1,18
Oţel crom-molibden, crom-nichel-molibden, crom-aluminiu, crom-molibden-aluminiu		60—70	0,76	1,0
		70—80	0,66	1,04
		80—90	0,58	1,09
		90—100	0,41	1,12
		100—110	0,34	1,15
		110—120	0,27	1,18
Oţel crom-mangan, crom-siliciu, crom-siliciu-mangan, siliciu-mangan		50—60	0,84	0,89
		60—70	0,70	1,0
		70—80	0,62	1,04
		80—90	0,54	1,09
		90—100	0,38	1,12
		100—110	0,32	1,15
		110—120	0,26	1,18
Oţel crom-nichel-volfram		60—70	0,81	1,0
		70—80	0,7	1,04
		80—90	0,62	1,09
		90—100	0,44	1,12
		100—110	0,36	1,15
Fontă maleabilă	100—120		1,3	0,85
	120—140		1,12	0,92
	140—160		1,00	1,00
	160—180		0,9	1,07
	180—200		0,83	1,14
Fontă cenuşie	130—150		1,27	0,87
	150—170		1,12	0,94
	170—190		1,00	1,00
	190—210		0,9	1,06
	210—230		0,83	1,17
	230—250		0,76	1,14

Tabelul 12.47 (continuare)

Materialul prelucrat			Duritatea *HB*	k_{Mv}
Aliaje de cupru	Eterogene	Duritate mare	150–200	1,0
		Duritate medie	100–140	1,43
	De plumb, cu structură de bază eterogenă		70–90	2,4
	Omogene		60–90	2,85
	Cu conținut de plumb sub 10% cu structură de bază omogenă		60–80	5,7
	Cupru		60–70	11,4
	Cu conținut de cupru peste 15%		35–45	17,0

Tabelul 12.48

Coeficientul de corecție în funcție de starea suprafeței k_{cv} [24]

Felul suprafeței		Materialul prelucrat	k_{cv}
Fără crustă	Laminat, forjat	Oțel	1,0
	Turnat	Oțel	0,9
	Turnat	Fontă, aliaje ale cuprului	1,0
Pe crustă	Laminat la cald	Oțel	0,9
	Forjat		0,8–0,9
	Turnat		0,75–0,85
	Turnat	Fontă	0,7–0,8
	Turnat	Aliaje ale cuprului	0,9–0,95
Pe crustă cu impurități de turnare		Oțel și fontă	0,5–0,6
		Aliaje ale cuprului	0,7–0,8

Tabelul 12.49

Coeficientul de corecție în funcție de materialul sculei k_{sv} [24]

Calitatea materialului considerat în norme (tabele)		P 10		K 30		Rp 3	
Calitatea efectivă a materialului sculei		P 20	P30	K 10	K 20	Rp 4	OSC 10 OSC 12
Coeficientul de corecție k_{sv}	Toate tipurile de freze, exclusiv freze cu coadă	0,94	0,65	1,32	1,2	0,9	0,5 și mai mic
	Freze cu coadă		0,75				

Tabelul 12.50

Coeficientul de corecție în funcție de unghiul de atac $\varkappa$ [24]

Materialul frezei	Materialul prelucrat	Unghiul de atac principal χ, grd							
		90		60		30		15	
		Valorile coeficientului							
		$k_{\varkappa v}$	$k_{\varkappa p}$	$k_{\varkappa v}$	$k_{\varkappa p}$	$k_{\varkappa v}$	$k_{\varkappa p}$	$k_{\varkappa v}$	$k_{\varkappa p}$
Carburi metalice	Oțel, crom inoxidabil Fontă	0,86	1,14	1,0	1,0	1,28	1,15	1,6	1,23
	Oțel inoxidabil	—	—	1,0	—	1,2	—	—	—
Oțel rapid	Oțel, crom inoxidabil	0,89	—	1,0	—	1,18	—	1,34	—
	Oțel inoxidabil	—	—	1,0	—	1,25	—	—	—

Tabelul 12.51

Coeficientul de corecție în funcție de γ, pentru carburi metalice [24]

Unghiul de degajare γ în grd	−10	0	10
Coeficientul de corecție $k\gamma P$	1,0	0,89	0,79

Tabelul 12.52

Coeficientul de corecție în funcție de utilizarea fluidului de așchiere

Materialul prelucrat	Cu fluid	Fără fluid
	k_{w_v}	
Oțel	1,0	0,5
Fontă	—	1,0

Tabelul 12.53

Valoarea lui C_v și T la frezarea filetului [24]

Unghiul γ	Criteriul de uzură	Materialul prelucrat	C_v	Durabilitatea D_s, mm	Durabilitatea T, min
5°	Pentru $p \leq 1,25$ mm, $h_\alpha = 0,15-0,25$ mm;	Oțel carbon, $\sigma_r = 75$	25,6	10	90
		Oțel crom și crom-nichel, $\sigma_r = 75$ daN/mm²	22,2	20 40	90 120
	pentru $p \leq 1,75$ mm, $h_\alpha = 0,2-0,3$ mm;	Oțel 31 CMS 10, $\sigma_r = 75$ daN/mm²	19,1	>40	180
	pentru $p > 1,75$ mm, $h_\alpha = 0,25-0,35$ mm	Oțel aliat călit și revenit HRC ≤ 42	10,2		
	$h_\alpha = 0,8-1,0$ mm	Fontă cenușie *HB* 140–180	140	65	200

de finisare (tabelul 12.55). Condițiile tehnice sînt date în STAS 6663-62 pentru freze cu alezaj, STAS 7605-66 pentru freze cu coadă și STAS 6664-62 pentru freze cu dinți demontabili din oțel rapid.

Frezele cu alezaj cilindric se fixează pe dornuri portfreză cu pană sau antrenor frontal STAS 3338-66.

Dimensionarea frezelor. *Freze cilindrice* (fig. 12.115). Dornul frezei este solicitat la încovoiere și răsucire, dimensionîndu-se cu relația $d = \sqrt[3]{10M'/\sigma_{ta}}$, în care $M' = \sqrt{M_i^2 + \alpha_0^2 M_t^2}$, $\alpha_0 \approx 1$, $M_i = Rl$, în cazul cînd dornul se încastrează la un capăt sau $M_i = 3Rl/16$ cînd se încastrează la un capăt și se reazemă la celălalt, $M_t = 0,5\, F_z D$, $R = \sqrt{F_z^2 + F_x^2} = F_z\sqrt{1 + k_x^2}$, l — lungimea dornului, D se poate lua la calculul prealabil $t_l/D = 0,05$ [38, p. 140 și 296]. Dornul se verfică și la deformare, cu relația (12.40), în care $F_f = 4 \cdot 2,15 \cdot 10^4 f_{adm} \cdot d^4/l^3$ [mm].

Diametrul frezei: $D = d + 2m_0 + 2h$, în care $m_0 = (0,3 \ldots 0,5)d$ [55], respectiv $m \approx 0,4\, d$ [38]; h (înălțimea dinților), se poate lua $h = 0,6$ pentru dinți drepți și $h = (0,3 \ldots 0,4)p$ pentru dinți elicoidali; în aceste relații $p = \pi D/z$, $z = m\sqrt{D}$, $m = 1,05$ pentru freze cu dinți rari cu $\lambda \leq 30°$; $m = 2$ pentru freze cu dinți deși și $\lambda = 15-20°$; $m = 0,9$ pentru freze asamblate, cu dinți rari $\lambda = 20°$; $m = 0,8$ pentru freze asamblate, cu dinți rari și $\lambda = 45°$; $m = 0,5$ pentru freze asamblate, cu dinți rari și $\lambda = 55-60°$. La prelucrarea fontei, z poate fi mărit cu 50%.

În contact cu materialul prelucrat, trebuie să fie minimum doi dinți: $z_{min} \geq 720/\psi$, în care ψ este unghiul de contact și are valoarea $\cos\psi = 1 - 2t_l/D$. Dacă această condiție nu este respectată, se prevăd dinți elicoidali. În acest caz, unghiul de înclinare al dinților se calculează din condiția de uniformitate.

În general, $D = (2,5 \ldots 3)d$ și este bine ca D să fie cît mai mic.
Pentru $D > 75$ mm, se recomandă proiectarea de freze cu dinți demontabili.

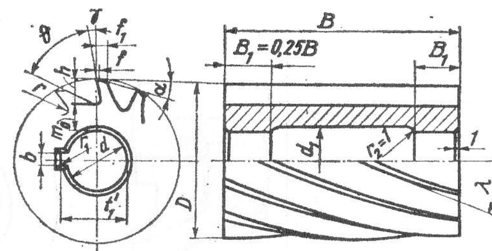


Fig. 12.115. Freză cilindrică

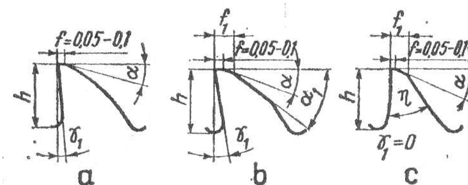


Fig. 12.116. Geometria dinților frezei:
a — parabolică; *b* — dinți rari; *c* — dinți deși

Forma dinților poate fi parabolică (fig. 12.116,*a*) solid de egală rezistență, sau în trepte urmărind conturul parabolic; cu două unghiuri (fig. 12.116,*b*), pentru degroșare (dinți rari); cu un unghi (fig. 12.116,*c*), pentru finisare (dinți deși). Se ia: $f = 0,05-0,1$ mm, $f_1 = 1-2$ mm, $\alpha_1 = 20-30°$, $\theta = 45°; 50°; 55°; \ldots$, și așa etc. din 5 în 5° pînă la 110°, în funcție de sculele de ordinul doi existente; raza de racordare a fundului canalului, $r \geq \sqrt{(3 \ldots 4)\, t_l\, s_d/\pi}$. Reascuțirea se face pe fața de așezare.

Restul elementelor: d_1(de la alezaj) $= d + (1-2)$mm; $r_2 = 1$ mm; teșirea la capătul alezajului (0,5–1)mm la 45°; lungimea degajării interioare, $B/2$, B fiind lățimea frezei.

Forma frezei	Construcția Schița
Cilindrică	
Cilindro-frontală cu alezaj	
D i s c	
Cilindro-frontală cu coadă	

Tabelul 12.54

Nomenclatorul frezelor standardizate (din oțel rapid) (STAS 4705-65)

frezei Felul frezei		STAS	Geometria frezei α	γ	λ	Diametrul exterior D
Cu dinți rari		578-67	16°	15°	40°	50—100
Cu dinți normali			16°	15°	30—35°	40—100
Pentru aliaje ușoare		2216-67	18—20°	15°	45°	50—100
Cuplată		4460-66	16°	15°	45°	63—100
Cu dinți demontabili	Simplă	(GOST-1979)	12°	15°	20°	75—150
	Compusă		12°	15°	45°	75—200
Cu dinți rari		2217-66	14°	15°	25°	63—100
Cu dinți normali		579-66	14°	15°	15°	40—100
Pentru aliaje ușoare		8193-68	20°	15°	50°	50—80
Cu dinți demontabili (dinții: STAS 6309-66)		6308-67	12°	15°	10°	80—250
Pentru canale		580-67	20°	15°	—	50—100
Detalonată pentru canale		2214-65	~11°	10°	—	50—100
Cu trei tăișuri		2215-67	20°	15°	—	50—100
Cu trei tăișuri cu dinți în zigzag		3861-67	12°	15°	±15°	63—125
Cu trei tăișuri cu dinți demontabili în zigzag		4083-66	12°	15°	±8°-15°	100—315
Coadă cilindrică	dinți rari	1684-67	14°	10°	30°	3—12
	dinți norm.					3—20
Coadă conică	dinți rari	1683-67	14°	10°	35°	14—50
	dinți norm.				30°	14—50

Tabelul 12.54 (continuare)

Forma frezei	Construcția: Schița	Felul frezei	STAS	Geometria frezei: α	γ	λ	Diametrul exterior, *D*
Pentru canelat		Coadă cilindrică	1680–67	8°	0°	20°	2–20
		Coada conică	1681–67	8°	0°	20°	16–40
Cilindro-frontală pentru canale		Pentru canale *T*	1682–66	15°	10°	15°	6–54
						10°	6–22
		Pentru canale pene disc	5257–66	15–20°	5–10°	0° sau ±15°	4–45
Profilată		Semirotundă convexă	3546–67	~10°	5°	–	50–112
		Semirotundă concavă	3540–67	~10°	5°	–	56–112
		Semiconcavă	3545–67	~10°	5°	–	56–112
Unghiulară		Conică cu coadă cilindrică	5145–67	15–20°	5°	–	10–25
		Conică cu alezaj	3541–66	16°	10°	–	40–63
		Biconică	3542–67	12°	10°	–	40–80
		Simetrică	5651–67	15°	–	–	63–100
		Pentru canelarea frezelor detalonate cu dinți drepți	3543–67	12°	10°	–	63–100
Pentru filet metric		Cu coadă	5258–65	~10°	4°	0° sau max 7°	10–25
		Cu alezaj	3379–65				32–100

Tabelul 12.55

Geometria frezelor frontale pentru finisat [56]

Freză cu coadă, pentru finisare, cu dinți aplicați	$\varkappa_1 = 0$ pentru lățimea b_0; $b_0 = (4...6)s_r$; $\varkappa_1 = 2°$ s_r = avansul pe rotație
Freză frontală cu dinți de finisare, pentru prelucrarea fină a fontei	$\varkappa_1 = 2°$; $b_1 > s$, dar nu mai puțin de 30 mm. Numărul de dinți suplimentari de finisare: $D \geqslant 250$ mm, $z = 2$; $D < 250$ mm, $z = 1$.
Freză frontală cu dinți de finisare, pentru prelucrarea fină a oțelului	$\varkappa_1 = 2°$; $\varkappa_1' = -(6'...20')$; $b_1 > s$, dar nu mai puțin de 30 mm. Numărul de dinți suplimentari de finisare: $D \geqslant 250$ mm, $z = 2$; $D < 250$ mm, $z = 1$.

Freze frontale. Pentru frezele cu dinți deși, se adoptă varianta monobloc. Se consideră: $D = (1{,}25 ... 1{,}5)\,t_l$, dar lățimea frezei nu mai mică decît $D/2$. După determinarea lui D, se determină diametrul dornului d și se face verificarea și la frezele cilindrice. Numărul de dinți se calculează cu formula $z = 2\sqrt{D}$. Forma dinților se realizează conform fig. 12.116 *c*, cu parametrii: $\alpha = 15°$, $\gamma = 12 ... 14°$, $r = 0{,}8 ... 1$ mm, $f_1 = 1{,}5$ mm, $f = 0{,}03 ... 0{,}05$ mm, $\lambda = 15°$.

La frezele cu dinți rari se recomandă ca aceștia să fie demontabili, sau cînd este posibil, roțile se vor turna. Numărul de dinți, $z = 1{,}2\sqrt{D}$. Frezele cu diametrul mare se execută cu dinți demontabili conform STAS 6308-67.

Freze cilindro-frontale cu coadă. Se calculează ca și frezele cilindrice. Diametrul se determină cu formula $t_l/D \leqslant 0{,}5$. Apoi se face verificarea valorii adoptate pentru D, Pentru canelat, se construiesc freze speciale, STAS 1680-67 și 1681-67.

Freze cu coadă pentru canale T (fig. 12.117). Diametrul se ia egal cu dimensiunea nominală a canalului T. Diametrul dornului, $d = D - 2(t' + \Delta)$, în care t' este adînci-

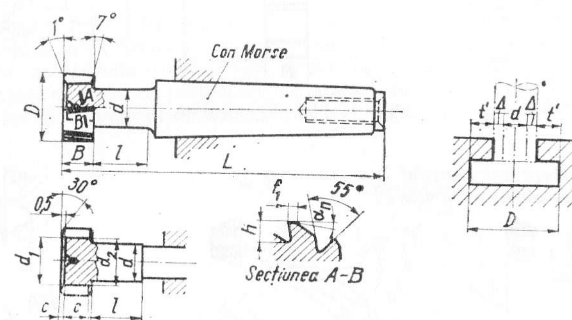


Fig. 12.117. Freză cu coadă pentru canal T

mea canalului, Δ — jocul dintre dorn și canal ($\Delta \approx 2{,}5$ mm). Urmează verificarea dornului, respectiv stabilirea regimului de așchiere.

Freze disc (fig. 12.118). Diametrul, $D = d + 2t' + 2.7{,}5 + 2.2{,}5$ mm, în care t' este adîncimea canalului de prelucrat; 7,5 mm — grosimea inelului de distanțare; 2,5 mm — jocul dintre inel și semifabricat. Diametrul dornului d se determină ca și la frezele cilindrice. Inițial, se ia $t_l/D = 0{,}2$ pentru $t = t_l$. Pentru micșorarea frecării, se prevede o subțiere laterală $\varkappa_1 = 0°30'$.

Frezele disc se pot executa: cu dinți deși, $z = m\sqrt{D}$ pentru finisare sau canale puțin adînci și cu dinți rari, $z = 2\sqrt{D}$.

Pentru îmbunătățirea așchierii, se pot prevedea dinți înclinați, la unghiul λ, sau dinți în zig-zag, STAS 3861-67.

Frezele disc de dimensiuni mari se execută cu dinți demontabili, STAS 4083-66.

Freze unghiulare. Proiectarea acestora se face stabilindu-se diametrul dornului, pe baza solicitărilor, apoi, be baza diametrului dornului și adîncimii de frezare, se stabilește diametrul frezei. Numărul de dinți, $z = (2{,}8 ... 2{,}5)\sqrt{D}$, numărul mai mare se ia pentru frezele cu diametrul mai mic. Pe desenul frezei se indică și unghiul la care se înclină axul capului divizor, la execuția danturii acesteia. Pentru freze plane (fig. 12.119),

cos A = tg δ ctg θ în care δ este pasul danturii, iar Θ — unghiul frezei de ordinul doi; înălțimea dinților va fi $h = R\cos A$, în care $R = D/2$. Pentru freza conică (fig. 12.119, *b*), $A = A_1 - A_2$, în care $A_1 = \cos\delta \operatorname{ctg}\varphi$ și $\sin A_2 = \operatorname{ctg} \operatorname{tg}\delta \sin A_1$, iar φ — unghiul frezei; înălțimea dinților va fi $h = R\cos(A+\varphi)/\cos\varphi$ respectiv $H = h/\cos A$.

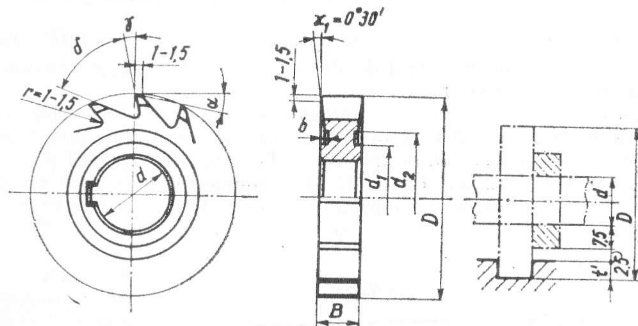
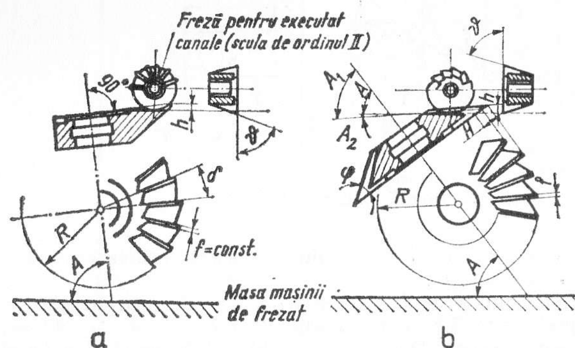


Fig. 12.118. Freză disc.



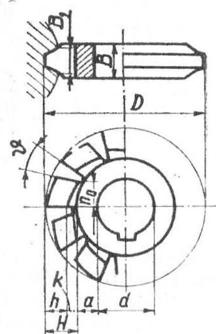


Fig. 12.119. Poziționarea frezei conice la danturare: *a* — freză plană; *b* — freză conică

Fig. 12.120. Freză detalonată

Freze detalonate (fig. 12.120). Diametrul: $D = d + 2a + 2b + 2k + 2h$, în care $d = k'\sqrt[4]{h\sqrt{B}}$, h — înălțimea profilului frezei, $k = \pi D \operatorname{tg}\alpha/z$ adîncimea de detalonare, B — lățimea frezei, α — unghiul de așezare, z — numărul de dinți, k' — coeficient (pentru freză încastrată într-o parte: $k' = 8$ — pentru așchii subțiri, $k' = 10$ — pentru așchii groase și în general eforturi mari; pentru freză încastrată și sprijinită: $k' = 7$ — așchii subțiri, $k' = 9$ — așchii groase). Corpul frezei: $m_0 = 0{,}4\sqrt{B_1/Bd}$, în care B_1 este lățimea profilului prelucrat. Numărul de dinți: $z = \pi D/p$, în care pasul danturii are valoarea $p = (1{,}3 \ldots 1{,}8)H$ pentru finisare și $p = (1{,}8 \ldots 2{,}5)H$ pentru degroșare; iar $H = h + k + r \approx h_1 + (5 \ldots 10)$ mm, unde h_1 este înălțimea profilului piesei (de observat că $h = h_1 + 1 \ldots 5$ mm, luîndu-se în considerare variația adaosului prelucrat). Valorile lui z se pot lua și din tabelul 12.56. Raza de racordare de la fundul canalului: $r = \pi D/(10\ z)$; în general $r = 0{,}5 \ldots 2$ mm și se va avea grijă ca așchiile să încapă în canal: $r \geqslant \sqrt{(3 \ldots 4)t_l s_d/\pi}$.

Tabelul 12.56

Numărul de dinți z al frezelor profilate (P. R. Rodin)

D, mm	40–45	50–55	60–75	80–105	110–125	130–140	150–210
z	16	14	12	11	10	9	8

Grosimea de înțepenire a dintelui, $n_0 = (0{,}8 \ldots 1)H$; în cazul cînd nu este satisfăcută această relație, canalul se va construi cu înălțimea variabilă (fig. 12.121). Dacă spatele dintelui se rectifică, se prevede o detalonare dublă: $k_1 = (1{,}2 \ldots 1{,}5)k$ (fig. 12.122). Este necesar ca în contact cu piesa să prelucreze minimum doi dinți: $z_{min} \geqslant 720/\psi$, în care $\cos\psi = 1 - 2t/D$, iar ψ — unghiul de contact. În caz contrar, se prevăd dinți elicoidali.

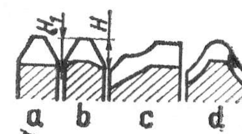


Fig. 12.121. Canal cu adîncime variabilă

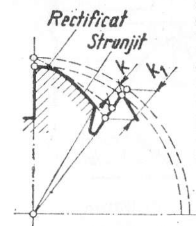


Fig. 12.122. Datalonare dublă

În ceea ce privește profilul frezei, dacă $\gamma = 0$, profilul este identic cu al piesei. Dacă $\gamma \neq 0$, atunci, între profilul piesei și al frezei (considerat într-un plan axial, ceea ce este același lucru cu profilul cuțitului de ordinul doi cu care se execută detalonarea — în cazul cînd acesta are $\gamma = 0$), există diferența[1] $l_x = k\,\varphi_x z/360°$, în care k este adîncimea de detalonare, z — numărul de dinți, φ_x — valoarea unghiului curent (fig. 12.123). În acest caz, se introduce o eroare teoretică neglijabilă, considerîndu-se curbele $T - P_1$ ca arce de cerc, în loc de ortocicloide..

Pentru un profil particular, trapezoidal (fig. 12.124), înălțimea profilului va avea valoarea $h_{fx} = h_{px} - l_x$, în care h_{px} este înălțimea profilului piesei, $l_x = k\varphi_x\, z/360°$, iar φ_x

[1] *H. Kottsieper:* **Profilberichtigung an Hinterdrehmeisseln,** În Werkstattstechnik der Betrieb, nr. 6/1943.

se deduce din relaţia $\sin(\gamma + \varphi_x) = R \sin\gamma/(R - h_{px})$. De observat că, fiind vorba de un profil cu porţiuni conice, intervin erori hiperbolice — ca şi la cuţitele profilate[1].

În cazul dinţilor elicoidali (fig. 12.125), $\Delta h'_x = k\,\varphi'_x z/360°$ şi $\Delta h''_x = k\,\varphi''_x z/360°$, în care $\sin\varphi'_x = L'/R_x$, $\sin\varphi''_x = L''/R_x$, $L' = y\,\mathrm{tg}\lambda - x$, $L'' = y\,\mathrm{tg}\lambda + x$, $x = (R - h_{px})\sin\varphi_x$, iar φ_x se deduce din relaţia $\sin(\gamma + \varphi_x) = R\sin\gamma/(R - h_{px})$; $2y$ este lăţimea frezei. În general $\lambda = 10 ... 20°$.

Pentru uniformizarea unghiului de aşezare lateral, se consideră detalonarea oblică (fig. 12.126). Cînd detalonarea are loc din două părţi (fig. 12.126, *b* şi *c*), lăţimea profilului se micşorează, respectiv se măreşte, caz în care este necesar să se execute freza din două bucăţi, cu inel de distanţare, respectiv să se micşoreze lăţimea prin rectificare. Unghiul de detalonare oblică se calculează astfel ca unghiul de aşezare lateral să aibă valoarea $4° \leqslant \alpha_{1.2} \leqslant 10°$ (fig. 12.127), în care $\alpha_1 = (\varepsilon_1/15) + 4°$, $\alpha_2 = (\varepsilon_2/15) + 4°$, $\varepsilon_{1.2}$ — unghiul profilului frezei (în cazul general, se consideră tangentele la profilul frezei, în punctele caracteristice care dau valori maxime pentru ε): $\mathrm{tg}\psi = (\sin\varepsilon_1 - \sin\varepsilon_2\,\mathrm{tg}\alpha_1/\mathrm{tg}\alpha_2) : (\cos\varepsilon_1 + \cos\varepsilon_2\,\mathrm{tg}\alpha_1/\mathrm{tg}\alpha_2)$.

Fig. 12.123. Determinarea profilului frezei detalonate

Fig. 12.124. Profilul frezei pentru canal trapezoidal

Observaţie: Deşi, după reascuţire (pe faţa de degajare), frezele detalonate îşi păstrează profilul, datorită faptului că diametrul acestora se micşorează, profilul pieselor prelucrate se modifică. Cea mai mică eroare o dă reascuţirea la acelaşi unghi de degajare (γ = const), apoi în ordine, reascuţirea la un cerc de reascuţire constant (r = const) şi reascuţirea prin ridicarea unui strat de material constant. Comparîndu-se şi variantele de detalonare: cuţit de ordinul II cu faţa de degajare în planul axial al frezei ($\gamma_{cuţit} = 0$), cuţit de ordinul II cu faţa de degajare după faţa de degajare a frezei şi cuţit de ordinul III aşezat peste centrul frezei, ultimul caz dă erorile cele mai mici[1].

[1] *I. Lăzărescu* şi *G. Abrudan:* **Analiza erorilor hiperbolice ce apar la frezarea profilelor unghiulare.** În: Construcţia de maşini XVII (1965), nr. 8, p. 449—452.

Fig. 12.125. Freză detalonată cu dinţi elicoidali

Fig. 12.126. Detalonare oblică: *a* — simplă; *b* — după trei direcţii; *c* — după două direcţii

Fig. 12.127. Determinarea unghiului de detalonare

Freze detalonate după linie dreaptă. Permit un unghi de aşezare $\alpha_{iniţial}$ de 20° care, după reascuţire, ajunge pînă la $\alpha_{min} = 12°$, fără a mări adîncimea de detalonare, în comparaţie cu frezele detalonate după spirala lui Arhimede. Ca urmare, nu este necesar să se ia dinţi înalţi.

[1] *I. Lăzărescu, N., Ghircoiaşiu* şi *A. Antal:* **Unele aspecte ale preciziei obtinută la prelucrarea cu freze detalonate, prevazute cu unghi de degajare.** În: Buletinul Ştiinţific al I. P. Cluj, nr. 8, 1965, p. 345.

I. Lăzărescu, A. Antal, N. Ghircoiaşiu: **Asupra erorilor introduse de reascutire la frezele profilate detalonate.** În Buletinul ştiinţific al Institutului politehnic din Cluj, nr. 11, 1968/1, p. 191.

Freze profilate cu dinţi frezaţi. Acestea permit, de asemenea, un unghi de aşezare mare. Necesită însă dispozitive şi şabloane, pentru frezarea, ascuţirea şi reascuţirea pe faţa de aşezare.

Freze pentru aşchierea avansată. În scopul măririi productivităţii, se construiesc freze cu plăcuţe din carburi metalice: cilindrice, cilindro-frontale, disc (fig. 12.128).

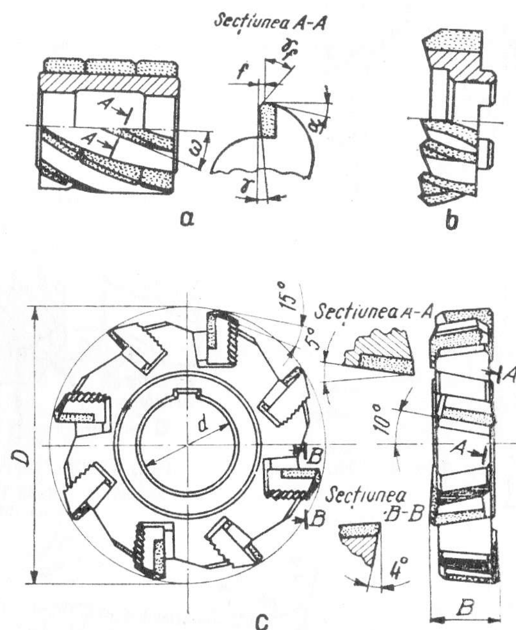


Fig. 12.128. Freze cu plăcuţe din carburi metalice:
a — cilindrică; *b* — cilindro-frontală; *c* — disc

De asemenea, freze pentru canale *T*, freze cilindro-frontale cu coadă, freze cu coadă pentru canelat, freze unghiulare (fig. 12.129). În cazul prelucrării intensive (cu avans mare), se ia unghiul de atac secundar nul.

Capete de frezat. Pentru prelucrarea suprafeţelor mari, pe maşini-unelte puternice şi rigide, se utilizează capete de frezat, al cărui corp este construit din oţel, oţel turnat sau aluminiu, iar partea aşchietoare din cuţite de oţel rapid sau prevăzute cu plăcuţe din carburi metalice lipite. În ultimul timp, se utilizează capete cu plăcuţe amovobile cu 4 sau 6 laturi, care se aruncă după uzura pe toate tăişurile acestora. Se fixează în suporţi reglabili în direcţie radială sau axială sau prin pene (fig. 12.130 [47]).

În tabelul 12.57, se dă numărul de cuţite ale capetelor de frezat [33]. Tipul *U*, cu număr relativ mic de tăişuri este pentru materiale moi şi mijlocii. În cazul materialelor

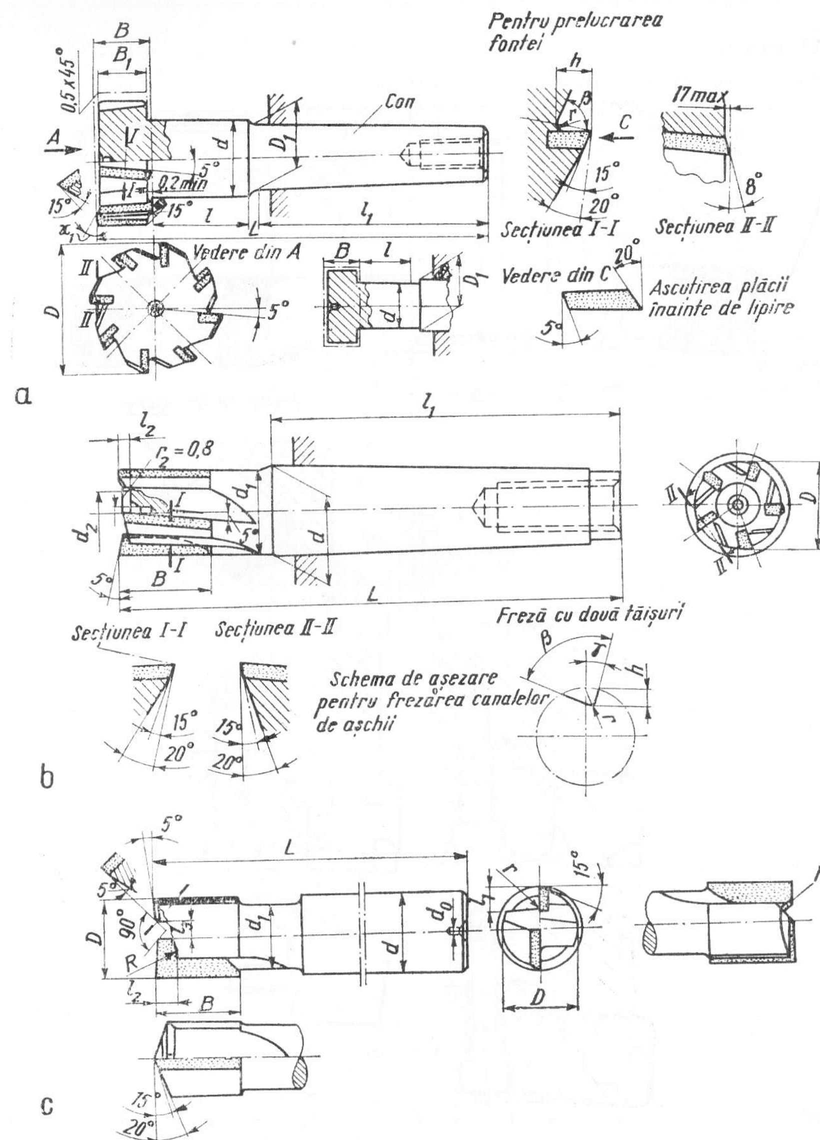
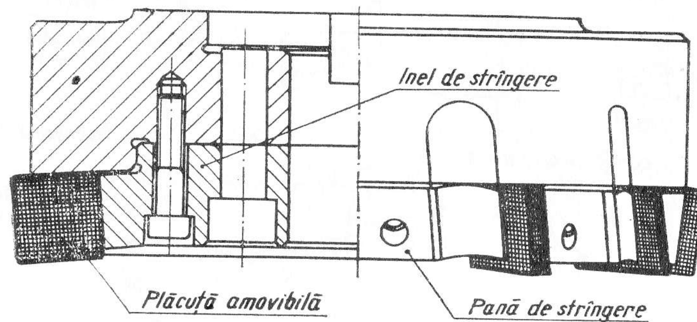
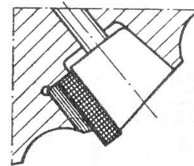


Fig. 12.129. Freze cu plăcuţe din carburi metalice:
a — pentru canale *T*; *b* — cilindro-frontală cu coadă; *c* — pentru canelat





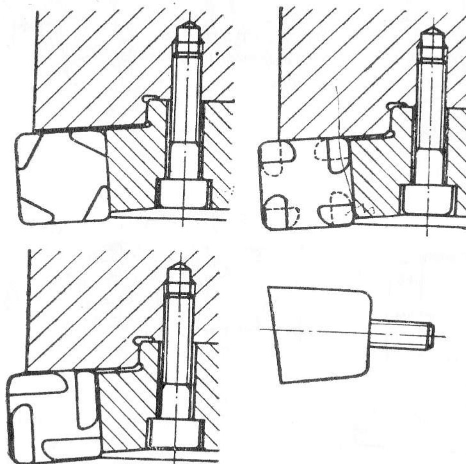


Fig. 12.130. Cap de frezat [33]

Tabelul 12.57

Numărul de tăişuri ale capetelor de frezat [33]

D	< 100		160		200		250		355		500	
U	6	8	8	10	10	12	12	16	16	20	20	24
M	10	12	12	14	14	16	16	18	20	26	24	32
T	12	14	16	18	20	22	24	28	34	40	42	50

deosebit de moi, se poate scoate fiecare al doilea dinte. Tipul *T*, cu număr maxim de dinţi, pentru solicitări mari, în cazul fontei şi materialelor asemănătoare. Tipul *M*, număr mijlociu de dinţi, pentru materiale dure şi de duritate mijlocie.

Corelaţia dintre toleranţa frezei şi toleranţa piesei. Mărimea toleranţei frezei (şi acest lucru este valabil la orice sculă) se ia $T_p/3 \ldots 4$; în unele cazuri, de exemplu la alezare, se merge pînă la $T_p/5$, în funcţie de tehnicitatea sculăriei. Plasarea cîmpului

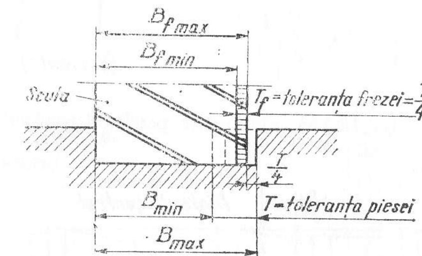


Fig. 12.131. Precizia sculei aşchietoare

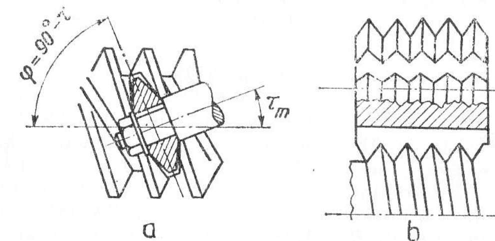


Fig. 12.132. Freze pentru filet:
a — filete lungi; *b* — filete scurte

de toleranţă al sculei se face astfel încît să existe o rezervă pentru uzura sculei (fig. 12.131); se lasă întotdeauna o majă de siguranţă, luîndu-se în considerare deformaţiile, vibraţiile etc.

12.2.7.4. FREZE PENTRU FILETAT. Se deosebesc: freze-disc, pentru prelucrat filete lungi (fig. 12.132, *a*) şi freze-pieptene pentru prelucrat filete scurte (fig. 12.132, *b*).

Freze-disc. Diametrul (fig. 12.133), $D \approx 2(h_f + l_{min} + a_{min}) + (2 \ldots 3)$ mm [mm]. Numărul de dinţi se determină din condiţia ca în contact să se găsească minimum doi dinţi, $z_{0\,min} = \psi/\delta = 2$, $\delta = 360°/z$, $\cos\ \psi = 1 - [(r^2 - r_1^2)/2R(R + r_1)]$, unde $R = D/2$, r este raza exterioară a filetului şi r_1 — raza interioară a filetului. Dinţii se fac frezaţi şi aşchiază alternativ, se prevede un dinte de control, (fig. 12.134).

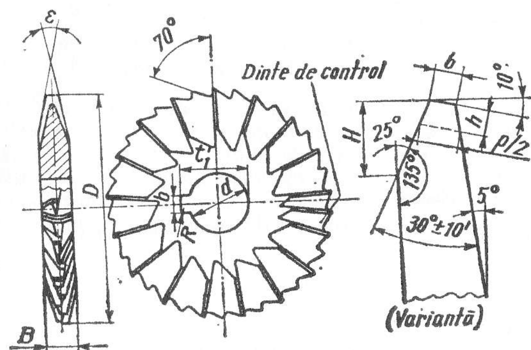


Fig. 12.133. Freză-disc pentru filet

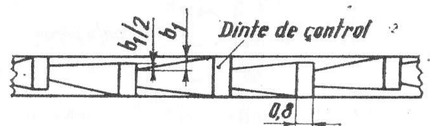


Fig. 12.134. Plasarea alternantă a dinţilor frezei

Profilul frezei se determină grafic [38, p. 322].

Freze — pieptene. Diametrul: $D = 6{,}32\ p^{1,46}$ [mm] — pentru freze cu coadă (STAS 5258-67) şi $D = 18{,}5\ p^{0,7}$ [mm] — pentru freze cu alezaj (STAS 3379-67); la ultimele este necesar ca $D \geqslant d + 2m_0 + 2H$ [mm], în care d este diametrul alezajului, H — înălţimea totală a dinţilor frezei, $m_0 = (0{,}3 \ldots 0{,}4)\,d$. Pentru filete interioare, $D = (0{,}5 \ldots 0{,}75)d_i$, în care d_i este diametrul interior al filetului. Frezarea filetelor interioare se poate face pentru $d_i > 14$ mm. Lăţimea frezei: $B = L + (2 \ldots 3)p$ [mm], în care L este lungimea piesei filetate; în general, $B = 1{,}25\ D$ pentru freze cu coadă şi $B = D$ pentru freze cu alezaj fixate într-o parte sau $B = (1{,}5 \ldots 2)D$ — pentru freze cu alezaj fixate în două părţi.

Dinţii se construiesc detalonaţi, $\alpha = 8 \ldots 12°$; în cazul frezelor rectificate, se prevede detalonare dublă, $k_1 = 1{,}5\ k$. Numărul de dinţi, $z = 1{,}75\ \sqrt{D}$. Unghiul de degajare $\gamma = 3°$ pentru oţel dur, $\gamma = 5 \ldots 10°$ pentru oţel de duritate mijlocie şi $\gamma = 12 \ldots 30°$ pentru aluminiu şi aliaje uşoare. Adîncimea canalului, $H = t_2 + k + r$ — pentru freze nerectificate şi $H = t_2 + [(k + k_1)/2] + r$ — pentru freze rectificate, în care t_2 este înălţimea nominală a filetului, r — raza de racordare la fundul canalului. Unghiul canalului,

$\theta = 45°$ cînd $D \leqslant 30$ mm şi $\theta = 35 \ldots 30°$ cînd $D > 30$ mm. Canalele pot fi drepte ($\lambda = 0$) sau înclinate ($\lambda = 5 \ldots 15°$); în ultimul caz, apar deformaţii suplimentare ale filetului.

Profilul filetului se determină analitic [41, p. 350].

12.2.8. BURGHIEREA, LĂRGIREA, ADÎNCIREA, LAMAREA ŞI ALEZAREA

12.2.8.1. MAŞINI DE GĂURIT. Se deosebesc: maşini de găurit de masă (fig. 12.135 [16]), maşini de găurit cu coloană (fig. 12.136 [16]), maşini de găurit cu montant

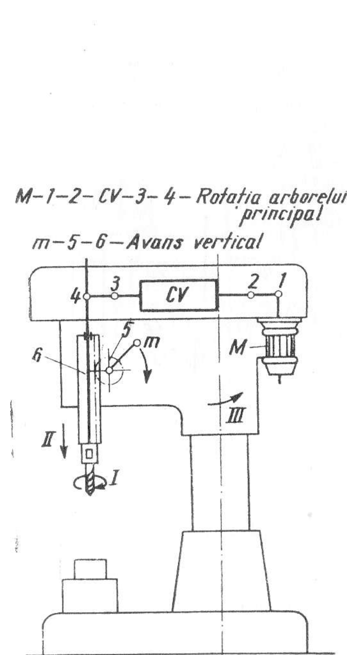


Fig. 12.135. Maşină de găurit de masă [16]

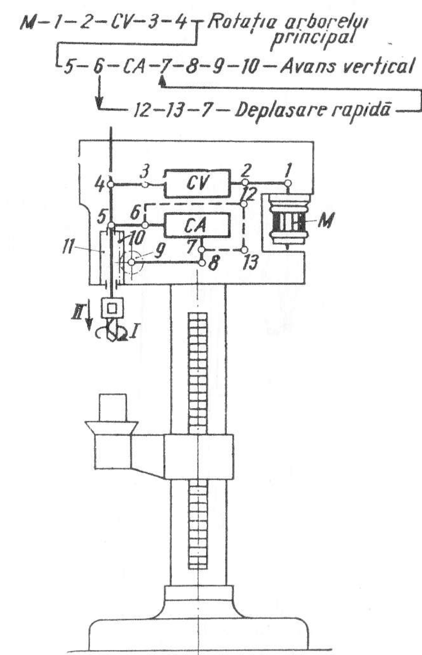


Fig. 12.136. Maşină de găurit cu coloană [16]

(fig. 12.137 [16]), maşini de găurit radiale (fig. 12.138 [51]), maşini de găurit în coordonate (fig. 12.139 [16]).

Structura cinematică a acestor maşini constă dintr-un lanţ cinematic pentru mişcarea principală şi un lanţ cinematic de avans, care primeşte mişcarea din lanţul cinematic

principal. În cazul maşinii de găurit cu coloană (fig. 12.136), ca exemplu, ecuaţiile cinematice vor fi:

$$n_s = n_M i_{1-2} i_{CV} i_{3-4} \text{ [rot/min]},$$

$$s = n_M i_{1-2} i_{CV} i_{3-4} i_{5-6} i_{CA} i_{7-8} i_{9-10} \pi m_9 z_9 \text{ [mm/rot]}.$$

În cazul maşinii de găurit prin coordonate (fig. 12.139), există şi lanţuri cinematice de poziţionare transversală a capului portsculă (M_1 — **11** — **12**), verticală a traversei mobile (M_2 — **13** — **14** — **15** — **16**) şi de deplasare longitudinală a mesei (M_3 — **17** — — **18** — **19** — **20**).

M-1-2-CV-3-4 — Rotaţia arborelui principal
5-6-CA-7-8-9-10-Avans vertical
11-12-7- Deplasare rapidă

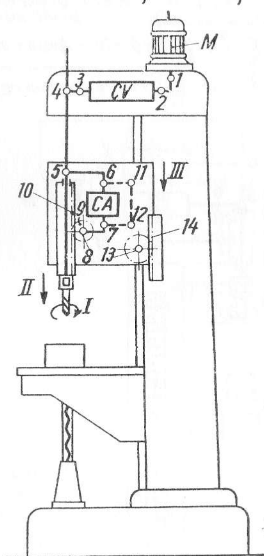


Fig. 12.137. Maşină de găurit cu montant [16]

M_1-1-2-CV-3-4 — Rotaţia arborelui principal
5-6-CA-7-8-9-10-Avans vertical
12-13-7- Deplasare rapidă
M_2-16-17-18-19-Deplasarea verticală a braţului
m-14-15-Deplasarea manuală orizontală a saniei de găurire

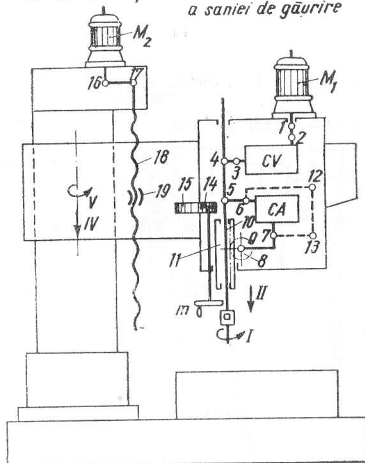


Fig. 12.138. Maşină de găurit radială [16]

12.2.8.2. MAŞINI DE ALEZAT ŞI FREZAT ORIZONTALE În fig. 12.140, se dă schema principială constructivă şi cinematică a unei maşini orizontale. Ecuaţiile cinematice:

— mişcarea principală de rotaţie a arborelui principal

$$n_i = n_{M1} i_1 i_{VT} i_2 i_3 i_4 \text{ [rot/min]};$$

— mişcarea secundară de avans a arborelui principal

$$s'_{xAP} = n_{M1} i_1 i_{VT} i_2 i_3 i_{40} (A_1/B_1) i_{41} i_{13} i_{35} i_{36} i_{VA} i_{37} i_{38} i_{39} t\, X_{AP} \text{ [mm/min]}$$

$$\text{sau } s_{xAP} = s' X_{AP}/n_i \text{ [mm/rot]};$$

M_1-1-2-CV-3-4 — Rotaţia arborelui principal
5-6-CA-7-8-9-Avans vertical
m_1-11-12-Deplasarea manuală orizontală a sanie de găurire
M_2-13-14-15-16-Deplasare verticală a traversei
M_3-17-18-19-20-Deplasare masă

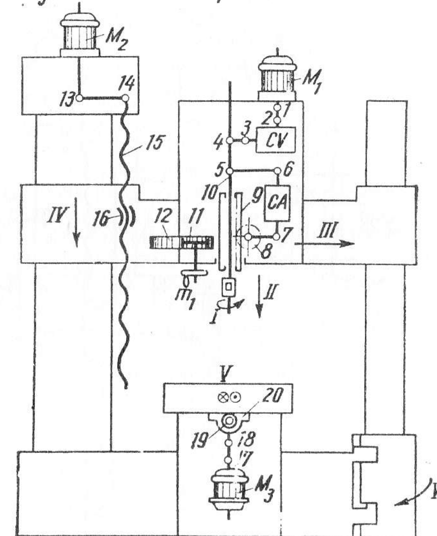


Fig. 12.139. Maşină de găurit în coordonate

— mişcarea principală de rotaţie a şaibei plane

$$n_{şp} = n_{M1} i_1 i_{VT} i_2 i_3 i_4 i_5 i_\Sigma i_{16} i_{17} \text{ [rot/min]},$$

în care i_Σ este raportul de transfer al diferenţialului;

— mişcarea de avans radial al saniei radiale

$$s'_r = n_{M1} i_1 i_{VT} i_2 i_3 i_4 i_5 (1 + i_\Sigma i_6 i_7 i_8 i_9 i_{10} i_{11} i_{12} i_{13} i_{14} i_{15}) i_{16} i_{18} i_{19} \pi m_{20} z_{20} \text{ [mm/min]}$$

$$\text{sau } s_r = s'_r/n_{şp} \text{ [mm/rot]},$$

în care z_{20} şi m_{20} reprezintă numărul de dinţi respectiv modulul roţii 20;

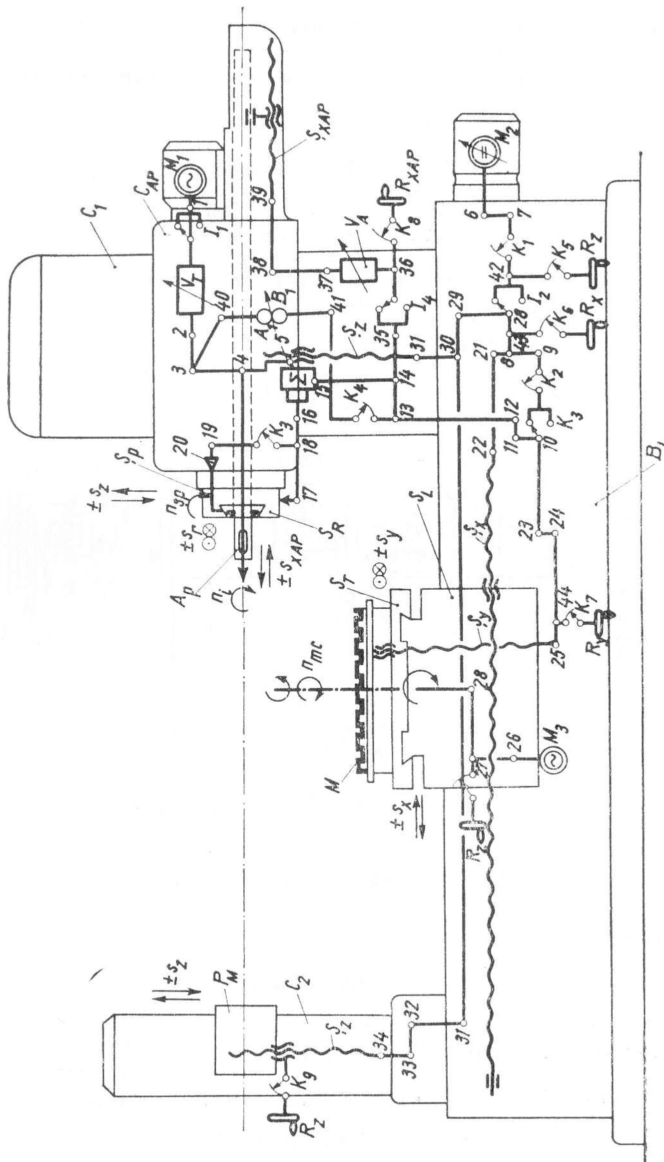


Fig. 12.140. Schema principială a unei mașini de alezat și frezat orizontală

— mișcarea de avans vertical a căruciorului.

$$s_{zCAP} = n_{M1} i_1 i_{VT} i_2 i_3 i_{40} (A_1/B_1) i_{41} i_{13} i_{12} i_{11} i_{10} i_9 i_8 i_{28} i_{29} i_{30} i_{31} t_z \quad [\text{mm/min}],$$

în care t_z este pasul șurubului conducător.

Observație. Mișcarea de avans vertical a păpușii mobile se **realizează** cu aceeași viteză ca și a căruciorului, deoarece rapoartele de transfer i_{32}, i_{33} și i_{34} sînt 1 : 1.

— mișcarea de avans longitudinal a mesei

$$s_x = n_{M1} i_1 i_{VT} i_2 i_3 i_{40} (A_1/B_1) i_{41} i_{13} i_{12} i_{11} i_{10} i_9 i_8 i_{21} i_{22} t_x \quad [\text{mm/min}],$$

în care t_x este pasul șurubului conducător $Ș_x$;

— mișcarea de avans transversal a mesei

$$s_y = n_{M1} i_1 i_{VT} i_2 i_3 i_{40} (A_1/B_1) i_{41} i_{13} i_{12} i_{11} i_{10} i_{23} i_{24} i_{25} t_y \quad [\text{mm/min}],$$

în care t_y este pasul șurubului conducător $Ș_y$.

Mișcările pentru deplasarea rapidă a căruciorului și a mesei mașinii au ca sursă de acționare motorul electric M_2, prin lanțul cinematic *6—7—28*, de unde: pentru cărucior, *29—30—31*—$Ș_z$; pentru masă, deplasarea longitudinală, *8—21—22*—$Ș_x$; pentru masă, deplasare transversală, *9—10—23—24—25*—$Ș_y$.

Pentru masă, mișcarea de poziționare unghiulară: M_3—*26—27—28*.

Mișcările, analizate mai sus, pot fi acționate și manual (reglare fină) cu roțile manuale R_{xAP}, R_x, R_y, R_z și R_c.

12.2.8.3. PARAMETRII OPERAȚIILOR DE BURGHIERE, LĂRGIRE, ADÎNCIRE, LAMARE ȘI ALEZARE. **Precizia de prelucrare.** La găurire se obține calitatea 10—11 ISO și rugozitatea R_a = 8...12,5 μm (R_z = 40 μm). La lărgire: calitatea 8 ISO și rugozitatea R_a = 5 μm. La alezarea oțelului, pentru alezoare din oțel rapid: calitatea 7 ISO și rugozitatea R_a = 1,25...2,5 μm pentru v = 2...3 m/min, R_a = 2,5...5 μm pentru v = 4...5 m/min; pentru fontă cenușie: rugozitatea R_a = 2,5...5 μm pentru v = 8 m/min și R_a = 1,25...5 μm pentru v = 4 m/min; la prelucrarea fontei maleabile și aliaje de cupru: rugozitatea R_a = 2,5...5 μm pentru v = 15 m/min și R_a = 1,25...2,5 μm pentru v = 8 m/min. La alezoare cu plăcuțe din carburi metalice: pentru oțel carbon (plăcuță Plo), rugozitatea R_a = 2,5...5 μm la v = 60...80 m/min; pentru fontă cenușie și maleabilă (plăcuță K30, K40), rugozitatea R_a = 1,25...2,5 μm la v = 60...80 m/min.

Dinamica așchierii. Forțele de așchiere se calculează cu formulele generale (12.13), (12.15) și (12.16); momentele se determină cu expresiile (12.14) și (12.17). În practică, deoarece $z \approx$ cont, se ia $u_{Fz} = u_{Fx} = u_M = 0$. În acest caz, coeficienții și exponenții forțelor axiale și momentelor se iau din tabelul 12.58 [24]. În tabelul 12.59, se dau coeficienții de corecție $k_{MF} = k_{MM}$.

Regimul de așchiere. Avansul tehnologic se calculează cu **formula** $s = C_s D^{0,7}$ [mm/rot], în care C_s se ia din tabelul 12.60 [64] și se fac verificările (12.43) și (12.44).

Viteza de așchiere se calculează cu formulele din tabelul 12.4 în care coeficienții și exponenții sînt dați în tabelul 12.58 [24]. Deoarece $z \approx$ const, practic se ia $u_v = 0$. Coeficienții de corecție sînt dați în tabelele 12.61...12.63 [24].

Timpul de bază. Se calculează cu formula (12.38), în care l, l_1 și l_2 se iau din [61, p. 48—50].

12.2.8.4. BURGHIEREA. În figura 12.141, se dau unele construcții de burghie. Existența unghiului de atac secundar $\varkappa_1 \neq 0$, face ca burghiul să aibă o conicitate inversă. Unghiul de degajare γ_M, într-un punct oarecare M, are valoarea tg $\gamma_M \approx D_M$ tg$\lambda/(D \sin \varkappa)$, în care D_M este diametrul punctului curent M, λ — înclinarea canalelor, D — diametrul burghiului; formula arată că, la stabilirea unghiului $\varkappa$ sau λ, este necesar să se țină

Tabelul 12.58

Valoarea coeficienților și exponenților pentru calculul forței axiale, momentului și vitezei de așchiere [24]

Materialul prelucrat	Felul prelucrării		Materialul sculei	Avansul s, mm/rot	Valoarea coeficienților și exponenților												
					C_F	q_F	x_F	y_F	C_M	q_M	x_M	y_M	C_v	m	q_v	y_v	x_v
Oțel carbon de construcție HB 170–200 σ_r = 65 daN/mm²	Burghiere		Rp3	≤0,2 >0,2	61,2	1,0	0,7	0	31	2,0	0,8	0	8 11,1	0,2 0,2	0,4 0,4	0 0	0,7 0,5
	Burghiere de lărgire		Rp3	—	34	0	0,7	1,3	81	1,0	0,8	0,9	18,4	0,2	0,4	0,2	0,5
	Lărgire	Monobloc	Rp3	—	3,5	0,5	0,7	0,95	105	1,0	0,75	0,74	18,6	0,3	0,3	0,2	0,5
		Cu dinți aplicați			—	—	—	—	—	—	—	—	16,6	0,3	0,3	0,2	0,5
		—	P10	—	—	—	—	—	848	0,75	0,8	0,95	20,6	0,25	0,6	0,2	0,3
	Alezare		Rp3	—	8	0,7	0,72	1,0	88	1,15	0,85	0,64	12,1	0,4	0,3	0,2	0,65
Fontă cenușie HB 195	Burghiere		Rp3	≤0,3 >0,3	43,4	1,0	0,8	0	21,4	2,0	0,8	0	14,2 16,5	0,125 0,125	0,25 0,25	0 0	0,55 0,4
			K 40	—	42,7	1,2	0,75	0	12,2	2,2	0,8	0	42,3	0,4	0,5	0	0,5
	Burghiere de lărgire		Rp3		23,8	0	0,4	1,2	86,3	1,0	0,75	0,8	21,6	0,125	0,25	0,1	0,4
			K 40		—	—	—	—	172	0,85	0,8	0,7	55,2	0,4	0,5	0,15	0,45
	Lărgire	Monobloc	Rp3	—	2,0	0,65	0,55	1,0	72	1,0	0,70	0,74	18,2	0,125	0,2	0,1	0,4
		Cu dinți aplicați			—	—	—	—	—	—	—	—	16,3	0,125	0,2	0,1	0,4
		—	K 40	—	—	—	—	—	199	0,85	0,8	0,7	101,5	0,4	0,4	0,15	0,45
	Alezare		Rp3	—	10	0,61	0,4	0,88	23	1,42	0,79	0,74	15,1	0,3	0,2	0,1	0,5
Fontă maleabilă HB 150	Burghiere		Rp3	≤0,3 >0,3	52,5 52,5	1,0 1,0	0,8 0,8	0 0	20,3 20,3	1,9 1,9	0,8 0,8	0 0	15,6 18,1	0,125 0,125	0,25 0,25	0 0	0,55 0,4
	Burghiere cu lărgire		Rp3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24,8	0,125	0,25	0,1	0,4
	Lărgire		Rp3	—	0,2	0,65	0,55	1,0	72	1,0	0,70	0,74	27,9*	0,125	0,2	0,1	0,4
	Alezare		Rp3	—	10,0	0,61	0,4	0,88	23	1,42	0,79	0,74	23,2	0,3	0,2	0,1	0,5
Bronz HB 100–140	Burghiere		Rp3	≤0,3 >0,3	31,5 31,5	1,0 1,0	0,8 0,8	0 0	12,2 12,2	1,9 1,9	0,8 0,8	0 0	23,4 27,2	0,125 0,125	0,25 0,25	0 0	0,55 0,4
	Burghiere cu lărgire		Rp3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37,2	0,125	0,25	0,1	0,4
	Lărgire		Rp3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41,8**	0,125	0,2	0,1	0,4
	Alezare		Rp3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34,8	0,3	0,2	0,1	0,5

Observație. Pentru lărgitoare cu dinți aplicați: *25,1; **37,5.

Tabelul 12.59

Coeficienţii de corecţie $k_{MF} = k_{MM}$ [24]

Pentru oţel	HB	110–140	140–170	170–200	200–230	230–260	260–290	290–320	320–350	350–380
	σ_r daN/mm²	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90	90–100	100–110	110–120	120–130
$k_{MF} = k_{MM}$		0,75	0,88	1,0	1,11	1,22	1,33	1,43	1,54	1,63
Pentru fontă, *HB*			105–125	125–145	145–165	165–185	185–205	205–225	225–245	245-265
$k_{MF} = k_{MM}$	Fontă cenuşie		—	—	—	0,94	1,0	1,06	1,12	1,18
	Fontă maleabilă		0,83	0,92	1,0	1,08	1,14	—	—	—

Tabelul 12.60

Valoarea coeficientului C_s [64]

Materialul prelucrat		Burghiere			Lărgire			Alezare		
		Grupa de avans			Gruga de avans			Grupa de avans		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
		C_s			C_s			C_s		
Oţel	$HB \leqslant 160$, $\sigma_r = 60$ daN/mm²	0,085	0,063	0,042	0,190	0,140	0,095	0,20	0,15	0,10
	$HB = 161-240$, $\sigma_r = 61-85$daN/mm²	0,063	0,047	0,031	0,140	0,105	0,070	0,16	0,12	0,08
	$HB > 240$, $\sigma_r > 85$ daN/mm²	0,046	0,038	0,023	0,105	0,079	0,052	0,12	0,09	0,06
Fontă	$HB \leqslant 170$	0,130	0,097	0,065	0,250	0,190	0,125	0,33	0,25	0,16
	$HB > 170$	0,078	0,058	0,039	0,150	0,113	0,075	0,20	0,15	0,10
Metale neferoase	Cu duritate mică	0,170	0,130	0,085	0,330	0,250	0,170	0,20	0,15	0,10
	Cu duritate mare	0,130	0,097	0,065	0,250	0,190	0,125	0,33	0,25	0,16

Observaţie. Grupa de avansuri; *burghiere*, I, avansuri maxime (burghiere fără toleranţă); II, avansuri mijlocii (piese de rigiditate redusăi, burghiere urmată de filetare), III, avansuri minime (burghiere urmată de lărgire sau alezare); *lărgire*, I – avansuri maxime, II – mijlocii, III – minime, (valorile sînt pentru găuri fără fund; pentru găuri cu fund: $Cs = 0,2-0,6$ mm/rot); *alezare*, I, avansuri maxime (alezare prealabil II – mijlocii (alezare de finisare, calitatea 9ISO şi rugozitatea $Ra = 1,25-0,63$ µm), III – minime (alezare de finisare, calitatea 7ISO şi rugozitatea $Ra = 0,63-0,32$ µm).

Tabelul 12.61

Coeficienţii de corecţie ai vitezei de aşchiere [24] (burghiere, burghiere de lărgire, lărgire)

a) *Scula din oţel rapid Rp3*

Materialul prelucrat		Proprietăţile mecanice ale materialului prelucrat											
	HB	—	—	—	110–140	140–170	170–200	200–230	230–260	260–290	290–320	320–350	350–380
	σ_r daN/mm²	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90	90–100	100–110	110–120	120–130
		Coeficientul k_{Mv}											
Oţel	De automate	—	—	—	0,87	1,39	1,2	1,06	0,94	—	—	—	—
	Carbon de construcţie (C<0,6%)	—	—	0,57	0,72	1,16	1,0	0,88	0,78	—	—	—	—
	Crom, nichel, crom-nichel	—	—	—	—	1,04	0,9	0,79	0,70	0,64	0,58	0,54	0,49
	Carbon de scule (C>0,6%)	—	—	—	—	—	0,8	0,70	0,62	0,57	0,52	0,48	—
	Crom-nichel-volfram	—	—	—	—	—	0,8	0,70	0,62	0,57	0,52	0,48	—
	Mangan	—	—	—	—	0,82	0,7	0,62	0,55	0,50	0,46	0,42	0,39
	Crom-molibden	—	—	—	—	0,82	0,7	0,62	0,55	0,50	0,46	0,42	0,39
	Crom-mangan	—	—	—	—	0,82	0,7	0,62	0,55	0,50	0,46	0,42	0,39
	Rapid Rp3	—	—	—	—	—	0,6	0,53	0,47	0,43	0,39	0,36	0,33
Duraluminiu		—	5,5	4,5	3,6								
Aluminiu		5,5	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Silumin şi aliaje de alumin turnat		4,5	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelul 12.61 (continuare)

Starea materialului	Laminat şi prelucrat găurile în prealabil		Tratat termic			Turnat, matriţat (pentru lărgire)	
	Tras la rece	Laminat la cald	Normalizat	Recopt	Îmbunătăţit	Fără decapare	Cu decapare
Coeficientul k_{st}	1,1	1,0	0,95	0,9	0,8	0,75	0,95

Materialul prelucrat		Duritatea *HB*												
		35—65	70—80	60—80	60—90	70—90	105—125	125—145	145—165	165—185	185—205	205—225	225—245	245—265
		Coeficientul k_{Mv}												
Piese turnate din fontă cenuşie		—	—	—	—	—	—	—	—	1,15	1,0	0,88	0,79	0,71
Piese turnate din fontă maleabilă		—	—	—	—	—	2,2	1,77	1,48	1,26	1,1	—	—	—
Aliaje de cupru: Eterogene	Duritate mare	—	—	—	—	—	—	—	1,35	1,35	1,35	—	—	—
Aliaje de cupru: Eterogene	Duritate medie	—	—	—	—	—	2,2	2,0	—	—	—	—	—	—
Aliaje de cupru: De plumb cu structură de bază eterogenă		—	—	—	—	3,3	—	—	—	—	—	—	—	—
Aliaje de cupru: Omogene		—	—	—	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aliaje de cupru: Cu conţinut de plumb sub 10%		—	—	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aliaje de cupru: Cupru		—	16,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aliaje de cupru: Cu conţinut de cupru peste 15%		24,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelul 12.61 (continuare)

Materialul sculei	Rp3	CS 14
Coeficientul k_{sv}	1,0	0,6

b) *Scule din carburi metalice*

Materialul prelucrat	Duritatea *HB*							
	105—125	125—145	145—165	165—185	185—205	205—225	225—245	245—265
	Coeficientnl k_{Mv}							
Piese turnate din fontă cenuşie	—	—	—	1,15	1,0	0,88	0,79	0,71
Piese turnate din fontă maleabilă	2,2	1,77	1,48	1,26	1,1	—	—	—

Condiţiile de lucru	uscat	cu fluid de aşchiere
Coeficientul k_{wv}	1,0	1,2—1,3

Materialul sculei	K 40	K 30
Coeficientul k_{sv}	1,0	1,2—1,4

Tabelul 12.62

Coeficienţii de corecţie ai vitezei de aşchiere (pentru lărgitoare, cu carburi metalice) [24]

Grupa de oţel	Proprietăţi mecanice										
	HB	–	110–140	140–170	170–200	200–230	230–260	260–290	290–320	320–350	350–380
	σ_r daN/mm²	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90	90–100	100–110	110–120	120–130
		Coeficientul k_{Mv}									
Oţel de automate, carbon, crom şi crom-nichel		1,74	1,39	1,16	1,0	0,88	0,78	0,71	0,65	0,6	0,55
Oţel pentru scule, mangan, crom-nichel wolfram, crom-molibden şi crom-magan		1,3	1,04	0,87	0,75	0,66	0,58	0,53	0,49	0,45	0,41

Condiţii de aşchiere	Cu fluid de aşchiere	Uscat
Coeficientul k_{wv}	1,0	0,70

Materialul sculei	P 10	P 30
Coeficientul k_{sv}	1,0	0,65

Starea suprafeţei	Fără crustă	Crustă de turnare
Coeficientul k_{cv}	1,0	0,8

Tabelul 12.63

Coeficienţii de corecţie ai vitezei de aşchiere (alezoare din oţel rapid Rp3) [24]

Materialul prelucrat	Proprietăţi mecanice											
	HB			110–140	140–170	170–200	200–230	230–260	260–290	290–320	320–350	350–380
	σ_r daN/mm²	< 30	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90	90–100	100–110	110–120	120–130
		Coeficientul k_{Mv}										
Oţel de automate, carbon, crom şi crom-nichel		–	–	0,9	1,0	1,0	0,88	0,78	0,71	0,65	0,6	0,55
Oţel de scule, mangan, crom-nichel-wolfram, crom-molibden şi crom-mangan		–	–	–	0,75	0,75	0,66	0,58	0,53	0,49	0,45	0,41
Aiaje de aluminiu		5,0	4,0	3,0	–	–	–	–	–	–	–	–

Materialul sculei	Rp3	CS 14
Coeficientul (pentru oţel şi aluminiu) k_{sv}	1,0	0,85

Tabelul 12.63 (continuare)

Materialul de prelucrat	Duritatea *HB*										
	60–80	60–90	70–90	105–125	125–145	145–165	165–185	185–205	205–225	225–245	245–265
	Coeficientul k_{Mv}										
Fontă cenuşie	—	—	—	—	—	—	1,15	1,0	0,88	0,79	0,71
Fontă maleabilă	—	—	—	2,2	1,77	1,48	1,26	1,1	—	—	—
Aliaje de cupru	8,0	4,0	3,3	2,0	2,0	1,35	1,35	—	—	—	—

Materialul sculei	Rp3	CS 14
Coeficientul (pentru fontă şi aliaje de cupru) k_{sv}	1,0	0,6

seama de valoarea unghiului de degajare. Unghiul de aşezare funcţional, într-un punct oarecare M, are valoarea $\alpha_M^* = \alpha_M -$ arc tg $s/(\pi D_M)$; se observă că acesta este mai mic spre centrul burghiului. Pentru remediere, se face ascuţirea feţei de aşezare după o suprafaţă conică, varianta Washborne-Stock, numită standard (fig. 12.142, *a*), care dă o creştere unghiului de aşezare constructiv, spre centru, de ~14°; varianta Weisker (fig. 12.142, *b*), cu o creştere puţin pronunţată, sau suprafaţa elicoidală cu pas variabil varianta Oliver, (fig. 12.142, *c*); ascuţirea se poate face şi după o suprafaţă cilindrică-circulară, metoda Blau, cu o mărire accentuată a lui α spre centru, sau cilindrică — eliptică metoda românească Belous.

S-au standardizat: burghie elicoidale extrascurte cu coadă cilindrică (STAS 4566-67), burghie elicoidale mici cu coadă cilindrică îngroşată (STAS 6728-67), burghie elicoidale scurte cu coadă cilindrică (STAS 573-67) sau conică (STAS 575-67), idem pentru materiale metalice neferoase (STAS 8213-68 şi 8212-68), burghie elicoidale lungi cu coadă cilindrică (STAS 574-67) sau conică (STAS 6727-67) sau coadă conică

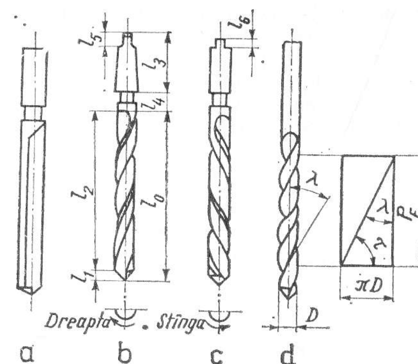


Fig. 12.141. Burghie elicoidale:
a — canal drept; *b*, *c* — canal elicoidal

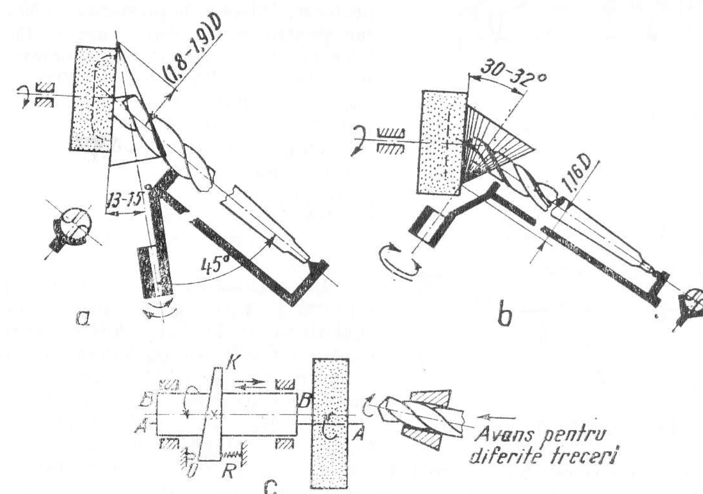


Fig. 12.142. Ascuţirea burghiului elicoidal:
a, *b* — conică; *c* — elicoidală

întărită (STAS 7881-67), idem pentru materiale-neferoase (STAS 8369-69), burghie elicoidale cu coadă cilindrică pentru găurit prin bucşe de ghidare (STAS 8156-68) sau coadă conică (STAS 8157-68), burghie elicoidale conice 1 : 50 cu coadă cilindrică pentru ştifturi conice (STAS 8368-69) sau cu coadă conică (STAS 8370-69). În ultimul timp se construiesc burghie elicoidale cu canale laminate.

În vederea măririi vitezei de aşchiere, pentru $D > 50$ mm, se construiesc burghie prevăzute cu plăcuţe din carburi metalice.

În STAS 571-64, STAS R 1370/2-69, STAS 1370/1-69, STAS 6359-69, sînt date: terminologia, parametrii geometrici, elementele constructive şi condiţiile generale ale burghielor elicoidale.

Pentru executarea găurilor de centrare, se utilizează burghie combinate (fig. 12.143), STAS 1114-67, constituite din 2–3 burghie cu $2\varkappa = 120°$ respectiv 60°.

Pentru prelucrarea găurilor mai adînci, se prevăd burghie cu canale, executate prin găurire sau frezare (în ultimul caz se lipesc ţevi), pentru conducerea lichidului de aşchiere (fig. 12.144). În cazul găurilor foarte adînci, se construiesc burghie pentru ţeavă (fig. 12.145), la care, pentru a nu exista devieri, este necesar ca forţele radiale de la tăişul principal şi tăişul secundar să fie egale ($F_R = F_{1R}$), ceea ce se asigură luînd $a = b = 0,25\ D$, cînd $\varkappa = \varkappa_1 = 60°$; de asemenea, în acelaşi scop, mişcarea principală de rotaţie este executată de semifabricat. Aşchiile sînt îndepărtate de lichidul de aşchiere, introdus la presiunea de 30 daN/cm^2 iar pentru a se obţine aşchii fărîmiţate, această găurire nu se poate practica decît în oţeluri dure. Pentru $D > 70$ mm, se face o găurire inelară (fig. 12.146), miezul rezultat putînd fi utilizat.

La găurile mici ($D = 0,05-0,2$ mm) şi găuri de diametru mare, se utilizează burghie plate (fig. 12.147). Pentru găurirea ţevilor de tun, se construiesc burghie speciale (fig. 12.148), dirijate de o gaură executată în prealabil.

Fig. 12.143. Burghiu de centruire

Dimensionarea burghielor. Burghiul este solicitat la răsucire şi compresiune (eventual flambaj). Datorită formei neregulate a secţiunii sculei, se consideră rigiditatea la răsucire: $\tau_{max} = M_t/W_t$, în care M_t este momentul de răsucire [daN · mm] şi are valoarea $M_t = I_t \omega G$, ω fiind răsucirea specifică, G — modulul de elasticitate transversal I_t momentul de inerţie la răsucire şi are valoarea $I_t = k_1 R^4$, GI_t este rigiditatea la răsucire, W_t — modulul de rezistenţă la răsucire — şi are valoarea $W_t = R^3/k_2$, k_1 şi k_2 sînt coeficienţi [51, v. I, p. 434]. Luînd în considerare că bara este răsucită, se adaugă un moment suplimentar [34, v. II, p. 219], astfel încît momentul total are valoarea $M_\Sigma = \omega G[I_t + 2,5\ \lambda^2_1 \int (r^4 - I_p r^2/A) dA$, în care λ_1 este unghiul de înclinare al elicei pentru

Fig. 12.144. Burghiu cu canale pentru lichidul de aşchiere

Fig. 12.145. Burghiu pentru ţeavă

Fig. 12.146. Burghiu inelar:
a — forma simplă; *b* — forma perfecţionată (A. P. Ivanov şi A. I. Oborin)

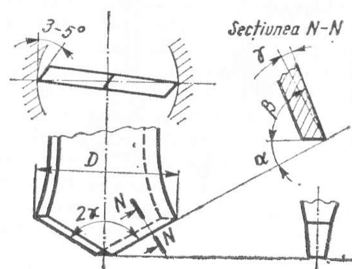


Fig. 12.147. Burghiu plat

un cilindru cu raza unitară, în radiani, r — raza sculei, A — aria secţiunii sculei, I_p — momentul de inerţie polar. De exemplu, pentru $\lambda = 20°$, rezultă un moment suplimentar de aproape 70%.

Este necesar ca $M \leqslant M_\Sigma$, în care M este momentul de aşchiere. Se găseşte, luînd în considerare (12.14):

$$s \leqslant \sqrt[x_M]{M_\Sigma/(C_M D^{q_M} k_M)} \text{ [mm/rot]}. \qquad (12.43)$$

Este necesar să se facă o verificare la flambaj:

$$s \leqslant \sqrt[x_{Fx}]{F_{fl}/(C_{Fx} D^{q_{Fx}} k_{Fx} c_{fl})} \text{ [mm/rot]}, \qquad (12.44)$$

în care, pentru burghie de diametru mic $F_{fl} = 2\pi^2 B_y/\{[1 + (B_y/B_x)]l_z\}$; $B_x = EI_{max}$; $B_y = EI_{min}$ [51, v. III, p. 953]; $B_{x,y}$ — rigiditatea maximă, respectiv minimă; $E = 2 \cdot 10^4$ daN/mm²; $I_{max, min}$ — momentul de inerţie maxim respectiv minim, mm⁴; c_{fl} — coeficient de siguranţă la flambaj; l — lungimea burghiului.

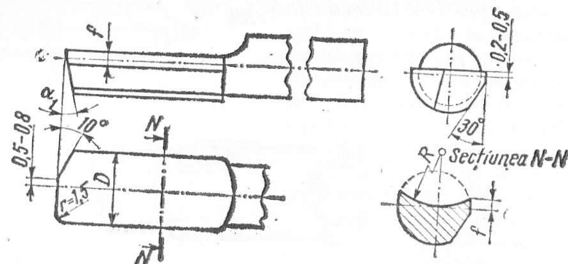


Fig. 12.148. Burghiu pentru ţeavă de tun

Profilul canalului se determină astfel ca, din intersecţia acestuia cu faţa de degajare, să rezulte un tăiş rectiliniu. Se ia, în plus, în considerare: rezistenţa burghiului, repartiţia raţională a materialului burghiului, spaţiul necesar pentru aşchii, conducerea şi evacuarea uşoară a aşchiilor.

12.2.8.5. LĂRGITOARE. Lărgitoarele sînt scule cu 3—4 dinţi (fig. 12.149) utilizate pentru lărgirea găurilor. Se pot construi cu plăcuţe de carburi metalice. De asemenea, se pot construi lărgitoare melc (fig. 12.150), pentru îndepărtarea adausurilor de prelucrare şi lărgitoare reglabile (fig. 12.151).

S-au standardizat: lărgitoare elicoidale cu coadă conică (STAS 4141-64) sau alezaj conic (STAS 4142-64), lărgitoare melc (STAS 7899-67). În STAS 8054-67 şi 7094-64, sînt date condiţiile generale respectiv dimensiunile nominale şi toleranţele de fabricaţie.

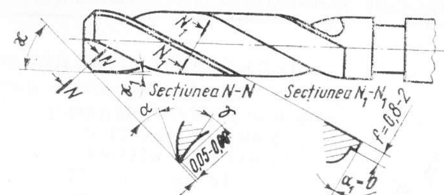
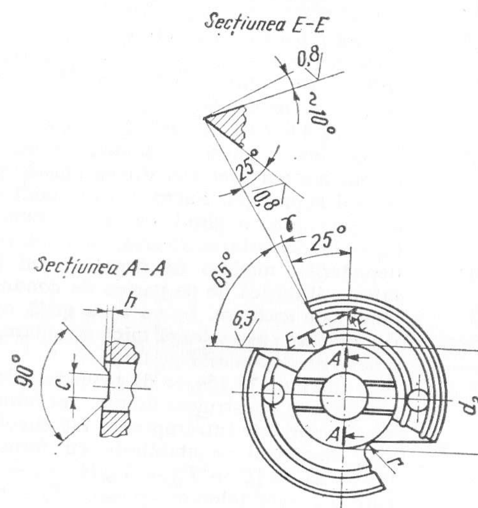


Fig. 12.149. Lărgitor



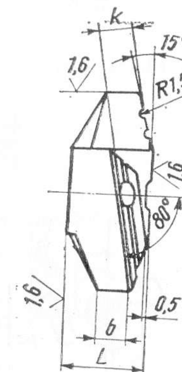
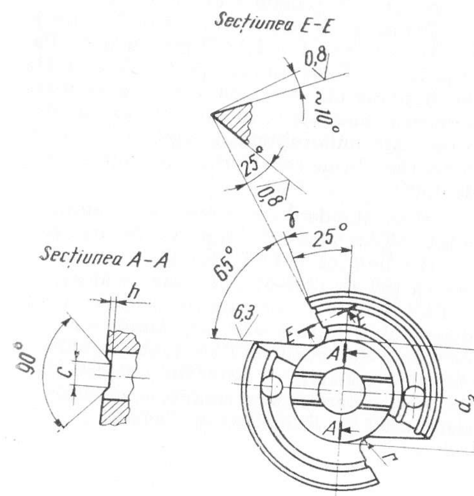


Fig. 12.150. Lărgitor melc



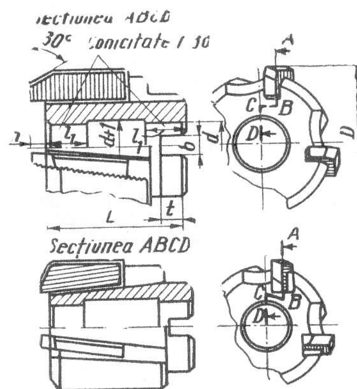


Fig. 12.151. Lărgitor reglabil

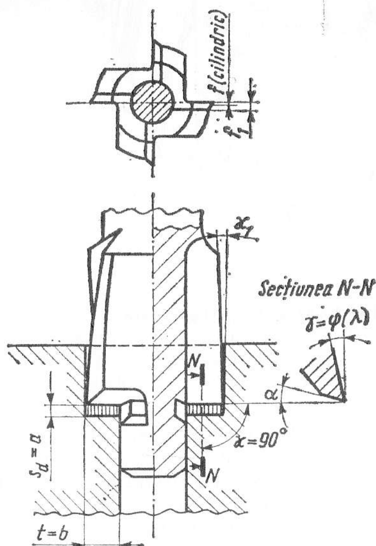


Fig. 12.152. Adincitor

12.2.8.6. ADÎNCITOARE. Servesc la executarea unei adîncituri coaxiale cu o gaură prelucrată în prealabil, de exemplu, pentru capete de șuruburi. Se execută cu cep de ghidare fix, STAS 6411-67 și 8155-68 sau demontabil STAS 6410—67. În figura 12.152, se dă construcția de principiu a adîncitoarelor.

12.2.8.7. SCULE PENTRU LAMAT. Servesc pentru executarea unei suprafețe plane perpendiculare pe axa unei găuri prelucrate în prealabil, în care scop sînt prevăzute cu un cep de ghidare (fig. 12.153).

12.2.8.8. ALEZOARE. Servesc pentru prelucrarea fină a găurilor cilindrice și netede, în scopul măririi preciziei dimensionale și a netezimii suprafeței. Factorii care contribuie la aceasta sînt: unghiul de atac secundar nul ($\varkappa_1 = 0$), conicitatea inversă, care defavorizează depunerile, unghiul de degajare nul ($\gamma = 0$), fațeta cilindrică de pe partea de conducere, lichidul de așchiere. Se va avea grijă ca viteza de așchiere să se aleagă mică sau mare, pentru a se evita depunerile pe tăiș.

În figura 12.154, se dă geometria alezorului. Canalele se construiesc drepte, iar cînd se alezează suprafețe întrerupte, se fac elicoidale.

Diametrul se stabilește cu formula [38] [42]: $D_s = [D + T_p - T_p/(4...5)] - T_s$, în care T_p este toleranța piesei; T_s — toleranța sculei [$T_s = T_p/(4...5)$], sau se iau în considerare valorile stabilite în STAS 2943-65 care sînt obligatorii; D — diametrul alezajului.

Numărul de dinți [10]: $z = 2 + 1{,}5\sqrt{D}$, pentru oțel; $z = 4 + 1{,}5\sqrt{D}$ pentru fontă. Pasul se poate alege egal sau neegal (după o jumătate de circumferință se repetă, pentru a se măsura diametrul mai ușor); în ultimul caz, se obține o oarecare uniformitate a așchierii (un efect similar se obține considerînd un număr impar de dinți).

S-au standardizat: alezoare cilindrice de mînă (STAS 1263-67), alezoare de mașină cu coadă cilindrică (STAS 1264-67), sau cu coadă conică (STAS 1265-67), alezoare cu alezaj conic (STAS 3456-64), alezoare de mașină cu dinți demontabili (STAS 4227-68), alezoare reglabile de mînă spintecate (STAS 1266-64), alezoare de mînă reglabile cu dinți demontabili (STAS 5713-67). Geometria și condițiile generale sînt date în STAS R 7042-64 și 2942-64.

Se pot construi alezoare și cu plăcuțe din carburi metalice.

Pentru alezajele cu conicitate mare, se prevede un joc de trei alezoare (fig. 12.155), la care un dinte de la primul alezor, poate fi privit ca format dintr-o succesiune de cuțite

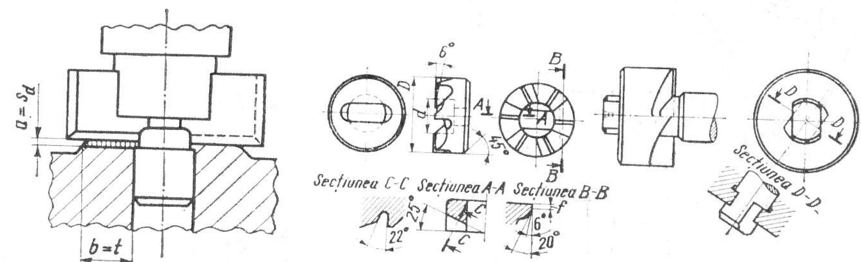


Fig. 12.153. Sculă pentru lamat

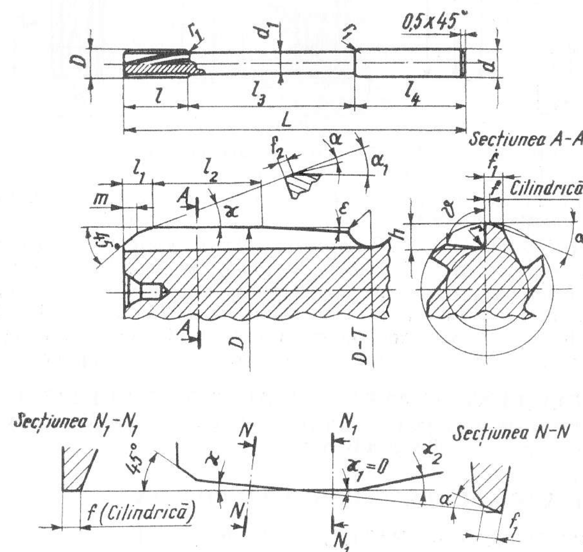


Fig. 12.154. Alezor

de strung (sculă combinată); cel de-al doilea pregătește materialul pentru a fi ridicat de ultimul (oarecum fără a avea o așchie lată de lățime constantă).

S-au standardizat: alezoare cu coadă cilindrică pentru con 1 : 50 pentru știfturi conice (STAS 2647-64), alezoare cu coadă cilindrică pentru con 1 : 30 (STAS 2646-64),

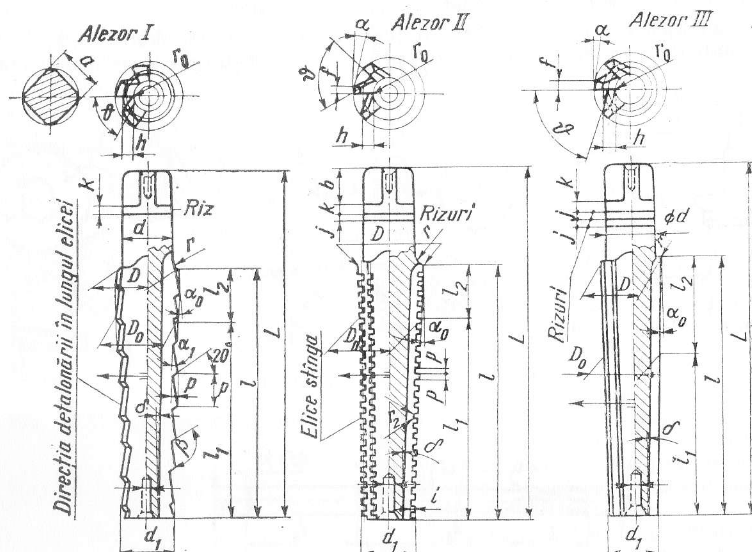


Fig. 12.155. Joc de trei alezoare conice

idem pentru conuri metrice (STAS 589-67) şi conuri morse (STAS 588-67), alezoare pentru găuri de nit (STAS 590-64).

12.2.8.9. SCULE COMBINATE. În vederea măririi productivității muncii, se utilizează scule combinate pentru prelucrarea găurilor: scule combinate din scule pentru aceeaşi operație dar de diametre diferite, de exemplu burghiele de centruire, scule combinate din scule pentru operații diferite, de exemplu burghiu cu alezor, burghiu cu tarod, lărgitor cu alezor etc. Se execută monobloc sau asamblate. Execuția şi întreținerea acestor scule este costisitoare. Literatura de specialitate dă o serie de exemple concrete.

12.2.8.10. SCULE PENTRU MAŞINA DE ALEZAT ŞI FREZAT UNIVERSALĂ Se construiesc alezoare speciale, conduse în bucşe de ghidare ale dispozitivelor de alezat (fig. 12.156). De asemenea, se utilizează bare portscule.

12.2.9. TARODAREA ŞI PRELUCRAREA CU FILIERA

12.2.9.1. PARAMETRII OPERAȚIILOR DE FILETARE. Momentul de aşchiere la filetare se calculează cu formulele de forma (12.19).

Pentru tarozi de piuliță, cazul $l_1 > l$, în care l_1 este lungimea conului de atac, iar l — lungimea găurii filetate, pentru oțel cu 0,10—0,20% C, $M = 31\ D^{1,25}\ p^{0,9}\ \mathrm{tg}^{0,65}\ \varkappa\ z^{0,2}\ l^{0,85}$ [daN · mm], în care: $\varkappa$ este unghiul de atac principal; p — pasul filetului; z — numărul de canale ale tarodului.

Pentru oțel cu 0,35—0,45% C, $M = 24\ D^{1,25}\ p^{0,9}\ \mathrm{tg}^{0,65}\ \varkappa z^{0,2}\ l^{0,85}$ [daN · mm].

În cazul tarozilor de maşină ($l_1 < l$), $M = 20\ D^{1,25}\ p^{1,75}\ z^{0,2}/\mathrm{tg}^{0,2}\ \varkappa$ [daN · mm] — pentru oțel cu 0,10—0,20% C şi $M = 15\ D^{1,25} p^{1,75} z^{0,2}/\mathrm{tg}^{0,2}\ \varkappa$[daN·mm] —pentru oțel cu 0,35—0,40%C.

Formulele sînt pentru tarozi rectificați, avînd $\gamma = 10°$ în condițiile utilizării unui fluid de aşchiere (sulfofrezol sau emulsie). Pentru tarozi nerectificați, intervine factorul de corecție 1,25, iar pentru tarozi uzați, factorul 1,5.

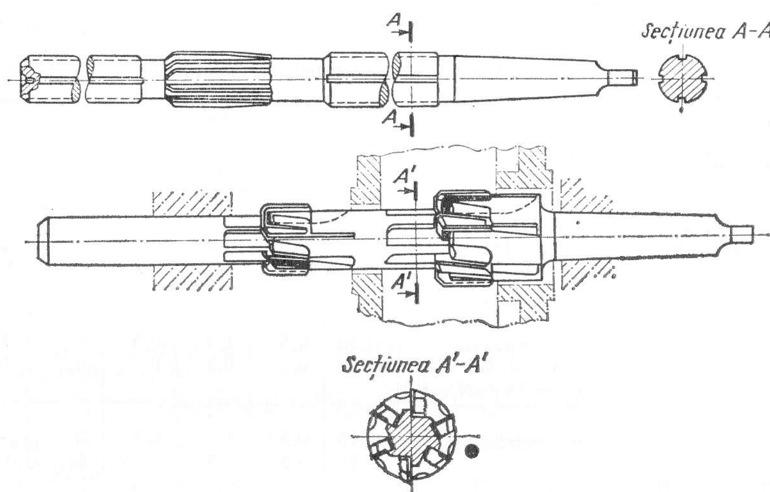


Fig. 12.156. Sculă pentru maşina de alezat şi frezat (Bolotin)

În tabelul 12.64 se dau valori ale unor momente de aşchiere la filetare, printre care şi pentru fontă.

Tabelul 12.64

Valoarea momentului de aşchiere la filetare

Scula	Materialul prelucrat	Momentul de aşchiere daN · cm
Tarozi de maşină rectificați	Fontă cenuşie $HB = 190$	$M = 1,57\ D^{1,4}\ p^{1,5}$
Tarozi rectificați pentru piulițe		$M = 1,41\ D^{1,7}\ p^{1,5}$
Tarozi rectificați pentru maşini automate de filetat piulițe	Oțel carbon de construcție $\sigma_r = 75$ daN/mm²	$M = 0,25\ D^{2,0}\ p^{1,5}$
Filiere rotunde		$M = 4,5\ D^{1,1}\ p^{1,5}$
Cuțit-pieptene şi cap de filetat cu cuțite tangențiale		$M = 4.6\ D^{1,1}\ p^{1,5}$

Viteza de aşchiere se calculează cu formula dată în tabelul 12.4. Deoarece $z \approx$ const, obişnuit se ia $u_v = 0$, iar ceilalţi coeficienţi se iau din tabelele 12.65 şi 12.66 [24].

Tabelul 12.65

Valorile coeficienţilor şi exponenţilor la tarodare [24]

Tipul de tarod şi materialul acestuia	Materialul prelucrat	Diametrul filetului	Valoarea exponenţilor m	q_v	y_v	u_v	C_v
Tarod pentru piuliţe, din oţel rapid Rp3	Oţel carbon σ_r = 50...80 daN/mm²	⩽10 >10	0,5 0,5	1,0 0,5	0 0,5	0	23,7 85
	Oţel crom şi crom-nichel σ_r = 75 daN/mm²	⩽10 >10	0,5 0,5	1,0 0,5	0,5 0	0 0	21,34 76,5
	Oţel refractar	⩽10 >10	0,5 0,5	1,0 0,5	0,5 0	0 0	4,74 17
Tarod pentru maşină, din oţel rapid Rp3	Oţel carbon σ_r = 50.. 80 daN/mm						42,8
	Oţel crom şi crom-nichel σ_r = 75 daN/mm²						38,5
	Oţel crom-siliciu-mangan σ_r = 75 daN/mm²	5–30	0,9	1,2	0,9	0	32,1
	Oţel refractar						8,56
	Fontă HB 190	5–36	0,6	1,2	0,9	0	6,2
Tarod pentru maşină din oţel aliat pentru scule	Silumin	⩽10 >10	0,8 0,8	2,3 0,78	0,5 0,5	0 0	0,83 27,6
	Duraluminiu Electron	⩽10 >10	0,5 0,5	2,3 0,78	0,5 0,5	0 0	1,3 43,1

Tabelul 12.66

Valoarea coeficientul C_v la prelucrarea filetului cu filieră sau capete de filetat: $v = C_v D_s^{1,2}/(T^{0,5} p^{1,2})$ [24]

	Filiere rotunde	Capete de filetat cu piepteni disc, sau prizmatici aşezaţi tangenţial
Oţel carbon σ_r = 75 daN/mm²	2,7	7,4
Oţel crom şi crom-nichel σ_r = 75 daN/mm²	2,16	5,9
Oţel crom-siliciu-mangan σ_r = 75 daN/mm²	1,11	5,9
Duraluminiu şi electron	12	—
Alamă	9	—

Timpul de bază, pentru filiere rotunde şi capete de filetat, se calculează cu formula (12.38). Pentru tarozi:

$$t_b = [(l + l_1 + l_2)/(pn)] + [(l + l_1 + l_2)/(pn_1)] \text{ [min]},$$

în care n este turaţia la filetare, iar n_1 — turaţia de deşurubare. Valorile l, l_1 şi l_2 se iau din [60, p. 62].

12.2.9.2. TAROZI. Tarodul se poate considera constituit din mai multe cuţite decalate radial cu avansul de reglare (fig. 12.7, m). În scopul măririi productivităţii, se consi-

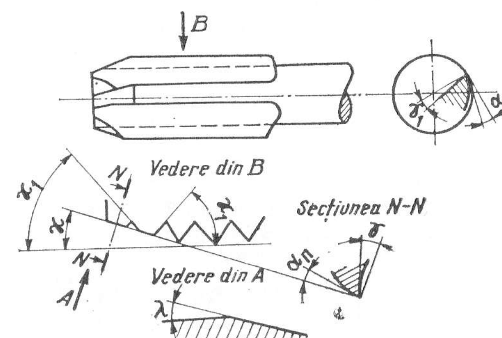


Fig. 12.157. Geometria tarodului

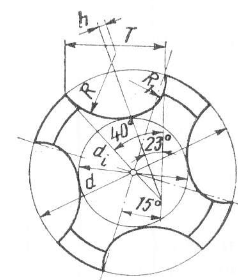


Fig. 12.158. Canalul de evacuare la tarozi [55]

deră mai multe şiruri de cuţite — aşezate pe periferia tarodului, astfel încît acesta apare ca un şurub prevăzut cu canale longitudinale, drepte sau elicoidale, în scopul formării tăişurilor (fig. 12.157). Profilul canalelor este important în legătură cu: apariţia unghiului de degajare, curgerea aşchiilor, reascuţirea astfel încît să nu apară trepte care să împiedice aşchiile, rezistenţa tarodului (v. fig. 12.158 şi tabelul 12.67 [55]). În scopul

Tabelul 12.67

Dimensiunile canalelor (fig. 12.158) [55]

d	d_i	R	R_1	h	z_k	T	d	d_i	R	R_1	h	z_k	T
3	1,3	1,7	0,95	0,24			18	9	5,45	3,05	0,67		
3,5	1,4	1,7	0,95	0,24			20	10	5,95	3,3	0,73		
4	1,5	1,7	0,95	0,24			22	11	6,55	3,7	0,81		
5	2	1,9	1,1	0,24			24	12	7,35	4,1	0,9		
6	2,4	2,5	1,35	0,3			27	13,15	8,15	4,55	1	4	
7	2,6	2,7	1,5	0,33	3	0,375d	30	15	8,9	5	1,09		0,49d
8	3,2	3	1,7	0,35			36	18	10,4	5,65	1,28		
9	3,6	3,4	1,9	0,42			39	19,5	11,9	6,7	1,45		
10	4	3,9	2,2	0,48			42	21	13	7,3	1,6		
11	5,5	3,4	1,9	0,42			45	22,5	13,9	7,8	1,7		
12	6	3,9	2,2	0,48			48	24	14,8	8,35	1,8		
14	7	4,4	2,5	0,54	4	0,49d	52	26	15,7	8,85	1,9		
16	8	4,9	2,75	0,6									

apariției unghiurilor de așezare, tarodul este detalonat pe conul de atac și, cînd este necesar, pe întreg profilul filetului. Tarozii din oțel de scule carbon se execută nedetalonați. Tarozii din oțel rapid se detalonează, operație executată odată cu rectificarea.

Pentru ca cele două flancuri ale filetului tarodului să așchieze la fel, se poate prevedea un unghi de înclinare λ numai pe lungimea conului de atac, sau canale elicoidale, în care caz este necesar să se ia în considerare corecțiile de profil necesare. În practică, sensul elicei canalului elicoidal se ia în legătură cu degajarea așchiilor.

Lungimea conului de atac se ia $l_1 = H_1 p / a_d z_k$, în care H_1 este înălțimea filetului tarodului, p — pasul, a_d — grosimea așchiei, z_k — numărul de canale. Pentru $a_d \approx 0{,}03\, p/z_k$, rezultă $l_1 \approx 17\, p$. Este de observat că, în cazul $l_1 > l$, momentul de tarodare este minim; în cazul $l_1 = l$, momentul de tarodare este maxim — situație ce se va evita; pentru $l_1 < l$, rezultă o valoare spre minim.

În cazul $l_1 > l$, pe prima parte a tarodului (de lungime $\sim l_1/3$), se prevede filet conic, de aceeași conicitate cu conul de atac — pentru evitarea așchiilor late.

Partea cilindrică a tarodului servește la conducerea acestuia (rol de șurub conducător — de la strung) și, în parte, la calibrare. Pe partea cilindrică, se prevede conicitate inversă a profilului (în general 1 : 1000).

Pentru tarozi de mînă (joc de trei tarozi), se ia: $l_{1I} = 5p$; $l_{1II} = 3{,}5p$; $l_{1III} = 2p$. Diametrul [55]: $d_I = d_{III} - 0{,}75\,p$, $d_{II} = d_{III} - 0{,}35\,p$, în care d_{III} este diametrul exterior al tarodului III. În cazul filetelor fine, se consideră joc de doi tarozi: $l_{1I} = 5p$, $l_{1II} = 2p$, $d_I = d_{II} - 0{,}35\,p$.

S-au standardizat: tarozi de mînă pentru filet metric (STAS 1112-67) respectiv filet G 1/8 . . . G 1 1/2 (STAS 1822-67), tarozi de mașină și de mînă pentru filet metric (STAS 7447-66), tarozi de mașină pentru filet G 1/8 . . . 2 (STAS 1824-67), tarozi pentru piulițe cu filet metric (STAS 1153-67), idem cu coadă curbă (STAS 6837-67), tarozi pentru filet metric conic (STAS 7609-66), respectiv filet conic în inci (Briggs) (STAS 7610-66), tarozi pentru filetul tuburilor de protecție etanșe (IPE) (STAS 8269-68); de asemenea: condiții generale (STAS 6372-68), toleranțe de fabricație ale filetelor (STAS 2884-61).

Verificarea tarodului se face la răsucire: $\tau_{max} = M_t / W_t$. Deoarece $r/R \approx 0{,}75$, se ia $k_2 \approx 1{,}9$ sau, acoperitor, $k_2 = 2$. Adică: $W_t = R^3/2$ respectiv $\tau_{max} = 2M_t/R^3$ în care R este raza exterioară a tarodului. Analizîndu-se diferitele secțiuni ale tarodului, se găsesc ca secțiuni periculoase: racordarea între partea filetată și coadă, precum și racordarea, dintre coadă și capul patrat al cozii. Teoria și practica arată că tarozii de diametru mic sînt subdimensionați.

12.2.9.3. FILIERE. Filiera este de forma unei piulițe, prevăzută cu găuri pentru așchii — în scopul apariției tăișurilor (fig. 12.159). Așchierea se face pe partea de atac detalonată axial, iar partea cilindrică (de lungime $\sim [3 \ldots 5]\,p$) servește la conducere și, în parte, la calibrare.

Lungimea conului de atac: $l_1 = 1{,}5\,p$. Pe conul de atac se poate prevedea un unghi de înclinare λ, rezultat din teșire sau din executarea înclinată a găurilor de evacuare a așchiilor.

După uzare, filiera se deschide cu un disc abraziv, în care scop se execută de la început un canal de despicare, netăiat și se strînge cu șuruburile de fixare din portfilieră (STAS 2609-66). Strîngerea este posibilă în cazul cînd filiera este elastică: $e = (0{,}6 \ldots 0{,}9)\sqrt{D}$ [mm], în care D este diametrul exterior al filierei, $D \approx 2{,}5$ ori diametrul nominal al filetului.

Lățimea minimă a dintelui după reascuțire: $H_{min} = p$. Lățimea dintelui: $H = 1{,}26\, d_i / z_k$ — în care d_i este diametrul interior al filetului; este necesar ca $H > H_{min} + 2$. Rezultă $z_k = 1{,}26\, d_i / (p + z)$. Diametrul găurilor pentru așchii [55]: $d_2 = d_i \sin\omega / \sin(\delta - \omega)$, în care $\delta = 90° - \gamma$, $2\omega = 360°/[z_k(1 + H/G)]$; raportul H/G se ia din tabelul 12.68 [55]. Diametrul centrelor găurilor de așchii: $D_2 = d_i\,[\cos\omega + \sin\omega \operatorname{cotg}(\delta - \omega)]$.

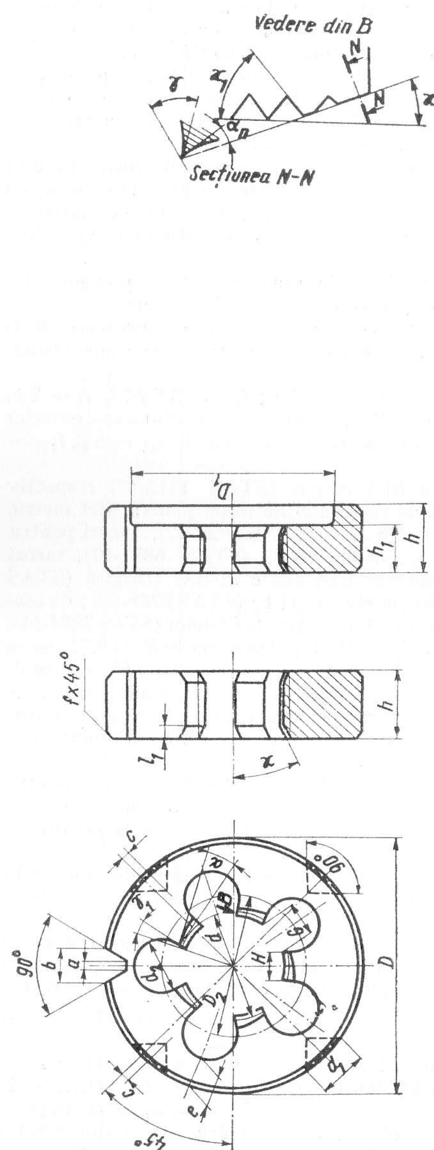


Fig. 12.159. Geometria filierei

Tabelul 12.68

Dimensiunile filierelor [55]

Diametrul filetului	2–2,5	3–6	7–9	10–11	12–14	15–20	22–24	25–27	28–33	35–36	38–42	45–48	50–52	56–60
D	16	20	25	30	38	45	55	65	65	65	75	90	90	100
z_k	3	3	4	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8	8
H/G	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,65	0,65

În cazul filierelor calibrate, lepuite cu dorn filetat din fontă, găurile pentru aşchii nu trebuie să intersecteze filetul; după calibrare, are loc deschiderea găurilor cu disc abraziv şi ascuţirea la geometria prescrisă.

S-au standardizat: filiere rotunde pentru filet metric (STAS 1160-69), filet metric conic (STAS 8053-67), filet conic în inci (Briggs) (STAS 8052-67), filiere rotunde pentru filetul tuburilor de protecţie etanşe (IPE) (STAS 8261-68); de asemenea: condiţii generale (STAS 8307-69).

Pentru calibrarea filetelor, se construiesc filiere cu un număr mai mare de găuri pentru aşchii, deoarece în acest caz se ridică aşchii mai subţiri. Pentru lucrările de montaj, se utilizează filiere de formă exagonală, pentru a putea fi rotite cu cheia fixă. Pentru

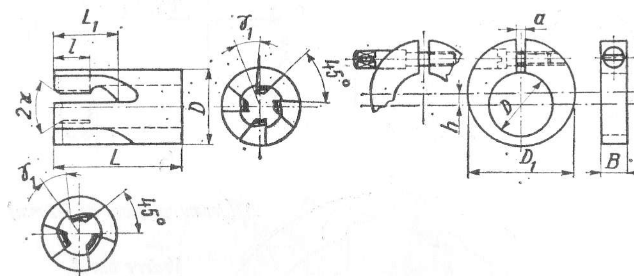


Fig. 12.160. Filieră tubulară

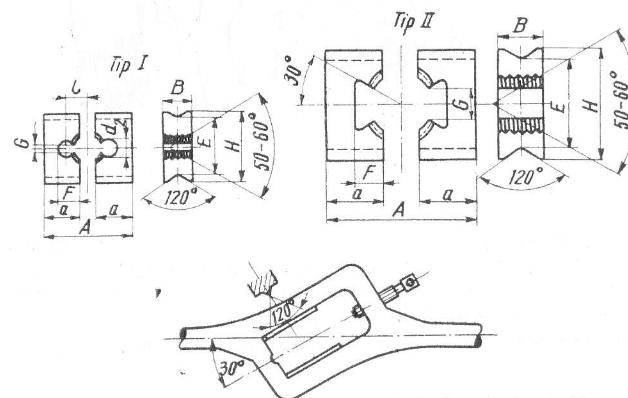


Fig. 12.161. Clupă pentru filetat

maşinile-unelte automate, se construiesc filiere tubulare (fig. 160), în vederea eliminări mai uşoare aşchiilor.

12.2.9.4. CLUPE PENTRU FILETARE. La lucrările de lăcătuşerie se utilizează bacuri de filetat (fig. 12.161), cu diametrul mai mare decît diametrul filetului de prelucrat, în scopul apariţiei unghiului de aşezare.

Pentru filetarea ţevilor, se utilizează clupe cu cuţite-pieptene drepte, care pot fi apropiate şi îndepărtate de centru — după mărimea diametrului prelucrat.

12.2.9.5. CAPETE DE FILETAT. Pentru prelucrarea filetului exterior, se utilizează capete de filetat cu autodeschidere. Se deosebesc: capete de filetat cu piepteni drepţi aşezaţi radial (fig. 12.162, *a*); capete de filetat cu piepteni drepţi aşezaţi tangenţial (fig. 12.162, *b*); capete de filetat cu piepteni disc (fig. 12.162, *c*). Primele sînt din

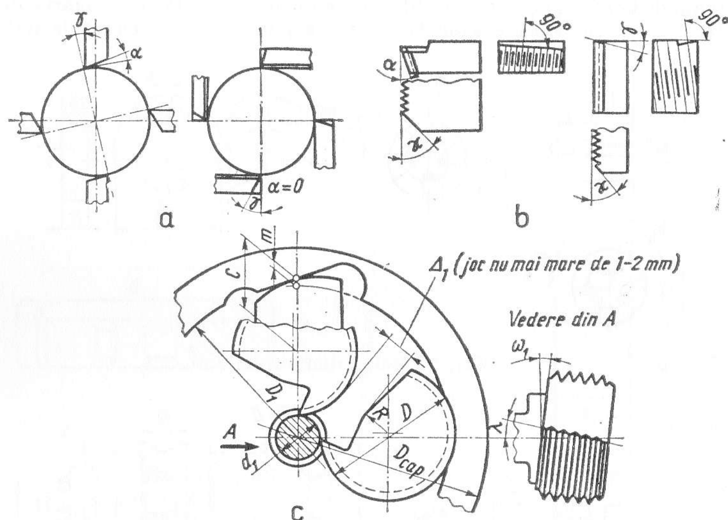


Fig. 12.162. Capete de filetat [2] [65]:
a — piepteni radiali; *b* — piepteni tangenţiali; *c* — piepteni disc

ce în ce mai puţin utilizate; cele tangenţiale au o serie de avantaje, fiind cele mai folosite. S-au standardizat: pieptenii drepţi STAS 2298-66 şi 2299-51; din ce în ce mai mult se folosesc cele cu piepteni disc. Literatura de specialitate dă construcţia acestor capete şi a pieptenilor utilizaţi [31].

În mod analog se construiesc capete pentru filetat interior.

12.2.10. DANTURAREA ROŢILOR CILINDRICE

12.2.10.1. DANTURAREA PRIN COPIERE. Constă în copierea pe semifabricat a profilului sculei, care poate fi: freză-disc modul (fig. 12.163, *a*), STAS 2763-67, sau freză-deget modul (fig. 12.163, *b*) STAS 3337-52, ultima în special la prelucrarea roţilor cu modul mare ($m_1 \geqslant 20$ mm) sau la prelucrarea danturii în V, precum şi acolo unde, din motive de gabarit, nu este posibilă utilizarea frezelor-disc. Parametrii aşchierii: mişcarea principală cu viteza de aşchiere *v*, m/min, mişcarea de avans cu viteza *w*, mm/min

sau avansul *s*, mm/rot, mişcarea de divizare intermitentă şi mişcarea de avans radial, acolo unde este cazul; la prelucrarea roţilor în V, este necesară o mişcare suplimentară de rotaţie, pentru generarea elicei danturii.

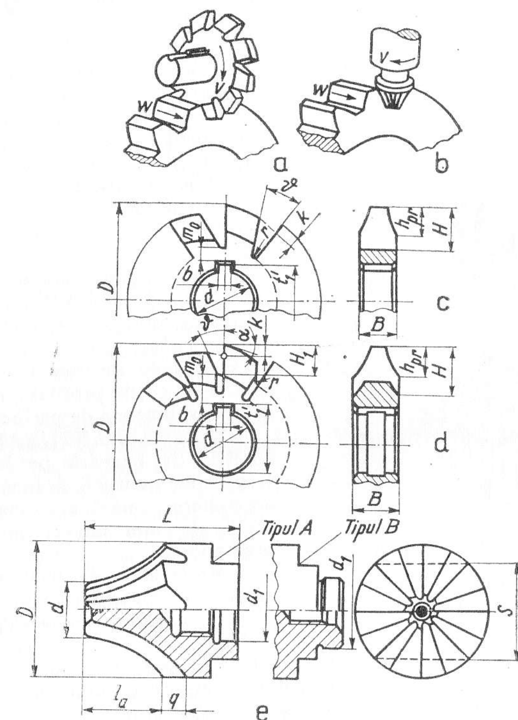


Fig. 12.163. Freze modul:
a — disc; *b* — deget

În general, prelucrarea se face pe maşini de frezat universale. Pentru producţia de serie, roţi mici şi pentru executarea roţilor mari, se utilizează maşini de frezat speciale, cu ciclu de lucru automat.

Frezele modul sînt freze profilate, detalonate, proiectîndu-se ca atare. În cazul frezei-deget, se face o detalonare laterală oblică ($\psi = 10...15°$) şi o detalonare frontală axială. Deoarece profilul frezei depinde de modulul m_1 şi numărul de dinţi z_1 al roţii prelucrate, pentru a se reduce numărul de freze necesar, se introduce o eroare teoretică: intervalul de dinţi $z_1 = 12 \ldots \infty$, pentru fiecare modul, se împarte în 8; 15 sau 26 zone, pentru fiecare zonă construindu-se o singură freză. Calculul acesteia se face pentru numărul minim de dinţi al zonei, astfel încît să fie posibilă angrenarea şi pentru celelalte numere

de dinți din zona considerată. Pentru $m_1 \leqslant 8$, se consideră 8 zone, respectiv 8 freze notate cu numerele 1 . . . 8; pentru module $m_1 > 8$, se consideră 15 freze, iar pentru roți dințate precise și cu modul mare, 26 freze.

Pentru degroșare, se utilizează freze cu profil trapezoidal, în trepte sau chiar freze disc; în cazul frezelor-deget, acestea se execută cu dinți frezați și canale de întreruperea așchiilor.

În cazul danturii înclinate, pentru precizie mică și unghi de înclinare mic, se pot folosi freze modul de la dantura dreaptă, cu condiția de a se alege freza corespunzătoare modulului normal m_{n1} și numărului de dinți echivalent (ideal): $z'_1 = z_1/\cos^3 \beta d_1$, în care βd_1 este unghiul de înclinare al danturii pe cercul de divizare. Pentru roți dințate precise și cu unghi de înclinare mare, este necesar să se construiască freze modul cu profil special [41].

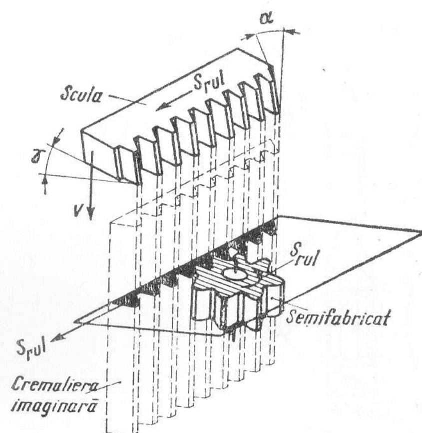


Fig. 12.164. Materializarea cremalierei prin cuțit-pieptene

Viteza de așchiere se calculează cu formula $v = 49/(T^{0,33}s^{0,45})$ m/min, pentru prelucrarea oțelului OLC 45, HB = 207.

În cazul producției de masă, se utilizează capete de mortezat, prevăzute cu număr de cuțite profilate, egal cu numărul golurilor danturii de prelucrat.

12.2.10.2. DANTURAREA PRIN RULARE. Se bazează pe legile angrenării. Generarea danturii se face cu ajutorul unei cremaliere imaginare materializată prin sculă, ale cărei tăișuri „mătură" flancurile cremalierei.

Mortezarea danturii cu cuțit-pieptene (procedeul Maag-Sunderland). Scula cea mai simplă, care materializează cremaliera generatoare, este cuțitul-pieptene (fig. 12.164). Parametrii așchierii: mișcarea principală cu viteza de așchiere v, m/min, mișcarea secundară a avansului de rulare s_{rul}, mm/cursă dublă, mișcarea secundară a avansului de pătrundere (radial) s_{patr}, mm/cursă dublă. Mișcarea avansului de rulare este intermitentă, după fiecare cursă dublă a cuțitului; mișcarea avansului de pătrundere încetează după pătrunderea sculei la adîncimea limită. În plus, la întoarcerea sculei (cursă inactivă) se prevede o retragere a acesteia.

Rezultă: $w = s_{rul} \cdot n_s$ [mm/min], $n_s = v_{med} \cdot 1000/2\,L$ [curse duble/minut], în care w este viteza de avans, mm/min, n_s — numărul de curse duble pe minut, v_{med} — viteza principală medie $v_{med} = L/\Delta\tau$ [m/min], în care $\Delta\tau$ este durata cursei active, în minute, L — lungimea cursei sculei; ($L = l + l_2$, în care l este lungimea dintelui prelucrat, $l_2 \approx$ $\approx 5 \ldots 10$ mm).

Deoarece lungimea sculei este limitată, pentru prelucrarea întregii danturi, sînt necesare: oprirea așchierii, readucerea sculei în poziție inițială, reluarea procesului de așchiere, faze executate automat.

Forța maximă la care se verifică rezistența mecanismului mișcării principale a mașinii-unelte este: $F_{zmax} = p\Sigma q_{max}$ [daN], în care Σq_{max} este suma maximă a ariilor tuturor secțiunilor ridicate simultan de toate tăișurile în contact cu semifabricatul, mm², p =

apăsarea specifică de așchiere, daN/mm², p = 180 pentru oțel carbon de construcție, OLC 45; p = 300 pentru oțel crom și crom-nichel; p = 140 pentru fontă.

Puterea necesară, $P_e = v_{med}\Sigma F_{zmed}k/6120$ [kW], în care $\Sigma F_{zmed} = p\Sigma q_{med}$, unde k este un parametru ce caracterizează raportul dintre timpul cursei active și timpul cursei inactive ($k_{max} = 0{,}5$ [20]).

Timpul de bază (după A. I. Kașirin), $t_b = [\pi m_1 z_1/(n_s s_{rul})] + (\pi m_1 z_0/w_1) + 0{,}012\, z_0$ [min], în care z_0 este numărul de calcul de dinți la roata dințată, pentru compensarea timpului de pătrundere a sculei la adîncimea dintelui, (tabelul 12.69), w_1 — viteza deplasării inverse a roții dințate, mm/min.

Frezarea danturii cu freza-melc (procedeul Pfauter). Materializarea cremalierei generatoare poate fi obținută și prin freza-melc (fig. 12.165). Parametrii așchierii: mișcarea principală cu viteza de așchiere v, m/min, mișcarea secundară de avans tehnologic s, mm/rot piesă, mișcarea secundară de avans de rulare (legată cinematic de rotirea frezei: $\alpha_1 z_1 = \alpha_s q$, în care α_s este unghiul de rotire al sculei, q — numărul de începuturi ale frezei, α_1 — unghiul de rotire al piesei).

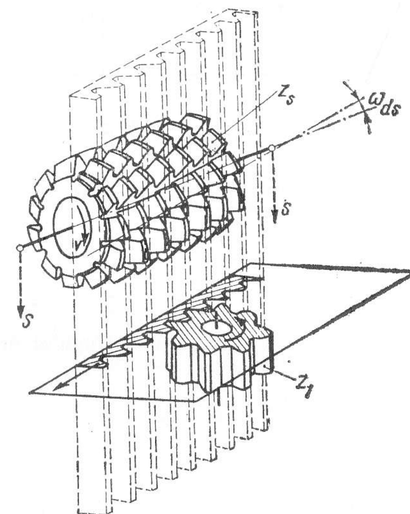


Fig. 12.165. Materializarea cremalierei prin freză-melc

Se consideră: $s = C_s z_1^{0,14}/m_1^{0,25}$ [mm/rot], în care coeficientul C_s se ia din tabelul 12.70; $v = C_v/(T^m s^{xv} m_1^{yv})$ [m/min], pentru prelucrarea danturii și $v = C_v z_1^{0,37}/(T^m s^{xv} h^{yv})$ [m/min], pentru prelucrarea arborilor canelați (în care h este înălțimea canalelor, z_1 — numărul de canale); puterea necesară: $P = C_p s^{xp} m_1^{qp} D^{qp}$[kW], în care D este diametrul frezei mm. Coeficienții și exponenții se iau din tabelul 12.71. Coeficienții de corecție — din tabelele 12.72 . . . 12.78.

Deoarece adîncimea pe care se prelucrează dantura este mare, se execută o așchiere prealabilă cu adîncimea de frezare $t_l = 1{,}4\, m_1$, urmată de o prelucrare finală cu adîncimea de frezare $t_l = 0{,}7\, m_1$.

În cazul frezării dinților înclinați, $s_{incl} = s_{dr} \cos \beta d_1$ [mm/rot], în care s_{dr} este avansul la danturarea roților cu dinți drepți.

Tabelul 12.69

Numărul de calcul de dinți (după Ghipromaș)

Numărul real de dinți	z_1	6	7	12	19	27	37	49	81	141	173
Numărul de calcul	z_0	8	9,5	15	22,2	31	41,5	54	87	148	181

Timpul de bază, $t_b = (l + l_1 + l_2)z_1/(sn_s qk)$ [min], în care l este lungimea dintelui de prelucrat (sau a dinţilor prelucraţi simultan); l_1 — lungimea de pătrundere, $l_1 = \sqrt{t_l(D_s - t_l)}/\cos\psi$ [mm], unde ψ este unghiul de înclinare al axei frezei (fig. 12.166),

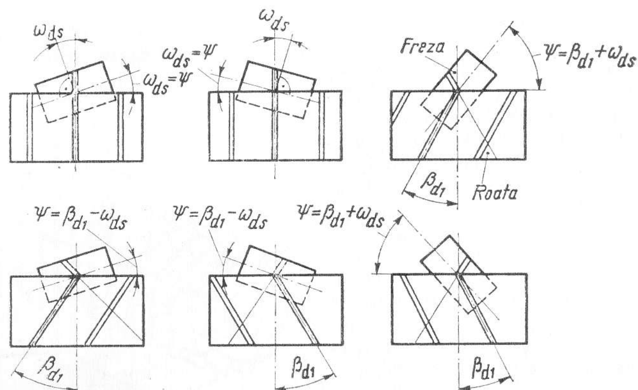


Fig. 12.166. Unghiul de înclinare al frezei-melc

Tabelul 12.70

Valoarea coeficientului C_s, în cazul frezei melc-modul [64]

Materialul prelucrat	C_s
Oţel carbon, σ_r = 70...85 daN/mm²	2,65
Oţel crom şi crom-nichel, σ_r = 75...90	2,00
Fontă, HB = 160...180	3,70

$\psi = \beta d_1 - \omega d_s$, dacă roata dinţată şi freza melc au înclinarea elicei în acelaşi sens, şi $\psi = \beta d_1 + \omega_{ds}$, dacă înclinarea elicei este în sens contrar — în care ω_{ds} este unghiul de ridicare al elicei frezei-melc faţă de diametrul de divizare; l_2 — lungimea de intrare şi de ieşire a frezei în direcţia avansului (l_2 = 2...4 mm), k — numărul de roţi dinţate danturate simultan. Pentru roţile cu dinţi drepţi, $\psi = \omega_{ds}$.

Precizia de prelucrare la degroşare: clasa de precizie 4 şi rugozitatea Ra = 2,5...5 μm; la finisare: clasa de precizie 2...3 şi rugozitatea Ra = 1,25...2,5 μm [15].

Tabelul 12.71

Coeficienţii şi exponenţii pentru calculul vitezei de aşchiere în cazul danturării [24]

Scula	Materialul prelucrat	Felul prelucrării	Modulul m, mm	C_v	m_1	x_v	y_v	C_p	x_p	y_p	q_p
Freză-melc modul	OLC 45 HB = 207	Degroşare	1,5–6	312	0,33	0,5	0	0,124	0,9	1,7	–1
			7–26	350	0,33	0,5	0,1				
		Finisare (dintr-o trecere)	1,5–3	560	0,5	0,85	–0,5				
	Fontă cenuşie HB=170...210	Degroşare	1,5–26	198	0,2	0,3	0,15	0,062	0,9	1,7	–1
		Finisare	1,5–3	152	0,3	0,4	–0,4				
Freză-melc pentru arbori canelaţi	OLC 45 HB = 207	Degroşare	—	780	0,4	0,5	1,28	42 . 10⁻⁵	0,65	0	1,1
		Finisare	—	390	0,4	0,5	1,28				
Cuţit-roată*	OLC 45 HB = 207	Degroşare	—	49	0,2	0,5	0,3	179 . 10⁻⁴	1	2	0,11
		Finisare	—	90	0,3	0,5	0				
	Fontă cenuşie HB = 170...210	Degroşare	—	54	0,2	0,25	0,15				
		Finisare	—	113	0,3	0,5	0				

* Pentru 40 C 10, valoarea lui C_v este cu 5% mai mică, iar, pentru 13 CN 35, cu 17% mai mică.

Tabelul 12.72

Valoarea coeficienţilor de corecţie k_{Ms}, k_{Mv}, şi k_{Mp} pentru freze melc-modul, freze pentru canelat, cuţite-roată şi cuţite de rabotat dinţi drepţi şi curbi de la roţile conice [24]

Felul oţelului	Oţel carbon de construcţie				Oţel aliat de construcţie				
	OL C 35	OL C 45		OL C 50	41 C 10	13 CN 23 21 TM C 12 15 C 07	28 TMC 12	38 Mo CA 09	
Duritate *HB*	156–187	170–207	<241	170–229	156–207	156–229	156–207	156–229	229–285
k_{Mv}	1,1	1,0	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,6	
k_{Mp}	1,0						0,9		
k_{Ms}	1,0	1,0	0,9		1,0	0,9		0,8	0,7

Tabelul 12.73

Valorile coeficienţilor $k_{\beta s}$, $k_{\beta v}$ şi $k_{\beta p}$ [24]

Scula	Unghiul de înclinare al dinţilor, în grade		0	15	30	45	60
Freză-melc	$k_{\beta s}$	Sensul înclinării danturii roţii şi elicei frezei-acelaşi	1,0	0,90	0,80	0,65	0,45
		Sensul diferit	1,0	0,75	0,65	0,50	0,35
	$k_{\beta v} = k_{\beta p}$	Roată din oţel carbon şi aliat.	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
		Din fontă *HB* 170–210	1,0	1,0	0,95	0,9	0,8
Cuţit-roată	$k_{\beta v} = k_{\beta p}$	Roată din oţel carbon şi aliat	1,0	0,9	0,85	0,7	—
		Din fontă *HB* 170–210	1,0	0,95	0,9	0,7	—

Tabelul 12.74

Valorile coeficienţilor k_{ks}, k_{kv}, şi k_{kp} pentru freza-melc [24]

Materialul prelucrat	Numărul de începuturi ale frezei	1	2	3
—	Coeficientul k_{ks}	1	0,75	0,65
Oţel carbon şi aliat	Coeficientul k_{kv}	1	0,85	0,75
	Coeficientul k_{kp}	1	1,64	2
Fontă *HB* 170–210	k_{kv}	1	0,85	0,75
	k_{kp}	1	1,4	1,5

Tabelul 12.75

Valorile coeficienţilor k_{wv} şi k_{wp} pentru freze-melc la prelucrarea oţelului carbon, aliat şi fontei [24]

Numărul de deplasări axiale		0	1	2	3 şi mai mult
$k_{wv} = k_{wp}$	Degroşare	1,0	1,1	1,2	1,3
	Finisare	1,0			

Tabelul 12.76

Valoarea coeficientului k_{Mv}. la prelucrarea roţilor melcate cu freză-melc [24]

Materialul	Fontă cenuşie				Bronz			
Duritatea, *HB*	140–160	160–180	180–200	200–220	80	100	120	140
Coeficientul k_{Mv}	1,25	1,12	1,0	0,9	1,2	1,1	1,0	0,9

Tabelul 12.77

Coeficienţii k_{fv} şi k_{fp} la prelucrarea arborilor canelaţi cu freza-melc [24]

Forma dinţilor frezei	fără protuberanţă	cu protuberanţă
Coeficienţii $k_{fv} = k_{fp}$	1,0	0,85

Tabelul 12.78

Coeficienţii k_{zv} şi k_{zp} la prelucrarea arborilor canelaţi cu freza-melc [24]

Numărul de canale ale arborelui, z	4	6	8	10	16	20
Coeficienţii $k_{zv} = k_{zp}$	0,85	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5

Mortezarea danturii cu cuţit-roată (procedeul Fellows). Materializarea cremalierei generatoare se poate face prin cuţit-roată (fig. 12.167). Parametrii aşchierii: mişcarea principală cu viteza de aşchiere v, m/min, mişcarea secundară (continuă) a avansului de rulare s_{rul}, mm/cursă dublă, mişcarea secundară a avansului de pătrundere (radial) $s_{p\check{a}tr}$, mm/cursă dublă — care încetează după pătrunderea sculei la adîncimea limită a dinţilor. Rezultă: $w = s_{rul} \cdot n_s$ [mm/min], în care n_s este numărul de curse duble pe minut. Restul formulelor sînt aceleaşi ca şi la mortezarea cu cuţit-pieptene; se ia (după A. I. Malkin):

$$\Sigma q_{max} = 0{,}609\, m_1^2 s_{rul}/z_1^{0{,}11}\ [\mathrm{mm}^2] \text{ şi } \Sigma q_{med} = 0{,}475\, m_1^2 s_{rul}/z_1^{0{,}09} [\mathrm{mm}^2].$$

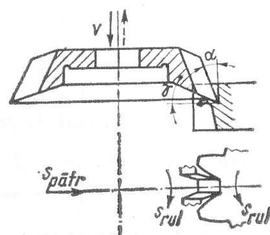


Fig. 12.167. Materializarea cremalierei prin cuţit-roată

În timpul cursei inactive se prevede depărtarea relativă a sculei de semifabricat.

Avansul de rulare are valoarea: $s_{rul} = \pi D_{ps}\alpha_s/360°$ [mm/cursă dublă], în care α_s este unghiul de rotire al cuţitului-roată în timpul unei curse duble, D_{ps} — diametrul de divizare (primitiv) al cuţitului-roată.

Se ia: $s = C_s/m_1^{0{,}5}$ [mm/cursă dublă], $v = C_v/(T^m s^{xv} m_1^{yv})$ [mm/min], $P = C_p s^{xp} m_1^{yp}/z^{zp}$ [kW], în care coeficienţii şi exponenţii se iau din tabelele 12.71 şi 12.79. Coeficienţii de corecţie se iau din tabelele 12.72, 12.73 şi 12.80. Avansul de pătrundere $s_{p\check{a}tr}$ se ia de 0,1 ... 0,2 din avansul de rulare. Dacă dantura se execută fără degroşare prealabilă, avansul de rulare se ia cu 10...25% mai mic.

Timpul de bază, $t_b = [(h_1/(s_{p\check{a}tr}n)] + [\pi m_1 z_1 k/(s_{rul}n)]$ [min], în care h_1 este înălţimea dinţilor prelucraţi, k — numărul de rulări (treceri), n — numărul de curse duble pe minut.

Precizia de prelucrare este aceeaşi ca şi la frezele-melc [15].

Tabelul 12.79

Valoarea coeficientului C_s, în cazul cuţitului roată [64]

Materialul prelucrat	C_s
Oţel carbon, σ_r = 60...75 daN/mm²	0,47
Oţel crom, σ_r = 70...80 daN/mm²	0,41
Fontă duritate mijlocie şi bronz dur	0,67

Tabelul 12.80

Coeficientul k_{zp} la prelucrarea cu cuţit-roată [24]

	Numărul de dinţi al roţii	12	20	40	80	120
k_{zp}	Oţel carbon şi aliat	0,95	1,0	1,1	1,2	1,25
	Fontă cenuşie HB 170—210	0,94	1,0	1,1	1,15	1,2

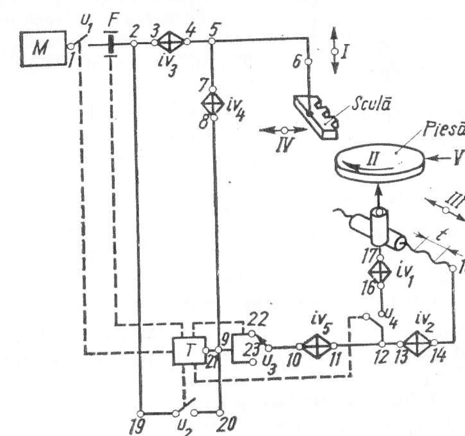


Fig. 12.168. Structura cinematică la mortezarea cu cuţit-pieptene

12.2.10.3. MAŞINI-UNELTE PENTRU DANTURAT PRIN RULARE. **Mortezarea cu cuţit-pieptene.** În figura 12.168, se dă structura cinematică, de bază, la mortezarea cu cuţit-pieptene.

Ecuaţia lanţului cinematic de aşchiere:

$$n_M i_{1-2} i_{2-3} i_{v3} i_{4-5} i_{5-6} = n \text{ [curse duble/min]},$$

de unde:

$$i_{v3} = C_4 \cdot n.$$

Ecuaţia lanţului cinematic de rotaţie a piesei rezultă din condiţia ca, la o rotire cu unghiul λ a portprogramului T, piesa să se rotească cu un dinte:

$[\lambda/360]$ *rot portprogram* $i_{21-9} i_{9-22} i_{22-10} i_{v5} i_{11-12} i_{12-16} i_{v1} i_{17-18} = [1/z]$ *rot piesă*,

de unde $i_{v1} = C_2/z$, deoarece i_{v5} este constant pentru o metodă de divizare, de exemplu dinte cu dinte.

Ecuaţia lanţului cinematic de translaţie se deduce din condiţia ca, la aceeaşi rotaţie cu unghiul λ a portprogramului T, centrul piesei să execute o mişcare de translaţie de un pas $p_1 = \pi m_1$:

$[\lambda/360]$ *rot portprogram* $i_{21-9} i_{9-22} i_{22-10} i_{v5} i_{11-12} i_{12-13} i_{v2} i_{14-15} t = [\pi m_1]$ *deplasare piesă*,

de unde, considerînd i_{v5} = const: $i_{v2} = C_3 m_1$.

Ecuaţia lanţului cinematic de avans (al sculei) se determină din condiţia ca evolventa dintelui piesei să rezulte ca înfăşurătoare a unui număr ales (în funcţie de rugozitate) n de poziţii succesive ale profilului sculei:

$[\lambda/360]$ *rot portprogram* $i_{21-9} i_{9-8} (1/i_{v4}) i_{7-5} i_{5-6} = [n]$ *curse duble sculă*,

de unde valoarea variatorului i_{v4} (mecanism cu clichet) va fi: $i_{v4} = C_5/n$.

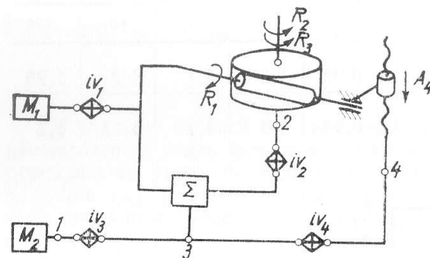


Fig. 12.169. Structura cinematică a maşinii FD-320, U.M. Cugir

Frezarea cu freză-melc. Pentru generarea danturii înclinate, sînt necesare două grupuri de lanţuri cinematice: pentru generarea evolventei şi pentru generarea în lungime a formei dintelui (fig. 12.169), corespunzătoare maşinii FD-320, UMCugir (fig. 12.170), frecvent utilizată de firmele constructoare.

Ecuaţia lanţului cinematic închis de rulare:

[1] *rot/freză* $i_{5-4} i_{4-6} i_{6-7} i_{7-8} i_{v2} i_{9-10} i_{10-11} = [q/z_1]$ *rot piesă*, în care i_{6-7} cuprinde şi raportul mecanismului diferenţial, q — numărul de începuturi ale frezei. Rezultă $i_{v2} = C_1 q/z$.

Ecuaţia lanţului cinematic închis pentru generarea în lungime a formei dintelui:

[1] *rot/piesă* $i_{11-10} i_{10-9} (1/i_{v2}) i_{8-7} i_{7-15} i_{15-16} (1/i_{v4}) i_{17-14} t = [\pi m_1 z_1/\sin \beta d_1]$ *deplasare pe verticală a sculei*, în care i_{7-15} cuprinde şi raportul de transmitere al mecanismului diferenţial. Rezultă: $i_{v4} = C_3 \sin \beta d_1/m_1$.

Ecuaţia lanţului cinematic de antrenare a frezei:

$$n_M i_{1-2} i_{v1} i_{3-4} i_{4-5} = n_s \text{ [rot/min]},$$

în care n_s este turaţia frezei. Rezultă: $i_{v1} = C_4 n_s/n_M$, în care $n_s = 1000\, v/(\pi D_{ds})$, D_{ds} fiind diametrul de divizare al frezei.

Ecuaţia lanţului cinematic de avans vertical al frezei:

[1] *rot/piesă* $i_{11-10} i_{10-12} i_{v3} i_{13-14} t = [s]$ mm *deplasare pe verticală a sculei*,

în care t este pasul şurubului conducător. Rezultă $i_{v3} = C_5 s$.

Observaţie: constantele C_1, C_2, C_3, C_4 şi C_5 sînt caracteristice fiecărui tip de maşină-unealtă şi sînt date în cartea maşinii.

În cazul cînd, pentru numărul de dinţi dat z_1, nu există o roată potrivită în garnitura de roţi a variatorului i_{v2}, se descompune numărul de dinţi de prelucrat sub forma unei sume: $z_1 = z_0 \pm c$, unde z_0 este un număr pentru care se găseşte roată de schimb.

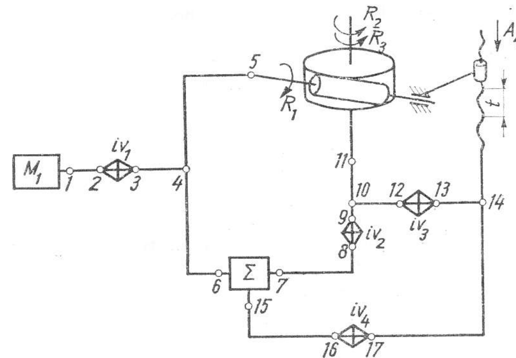


Fig. 12.170. Structura cinematică la danturarea cu freză-melc

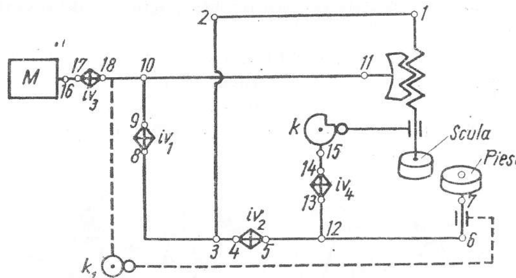


Fig. 12.171. Structura cinematică la mortezarea cu cuţit-roată

Reglînd pe i_{v2} corespunzător lui z_0, la o turaţie dată a frezei, piesa va avea o turaţie mai mare sau mai mică. Ca urmare, este necesar să i se scadă sau să i se adauge turaţia, cu o anumită valoare, pentru a se roti cu raportul de transmitere k/z — ceea ce se realizează prin mişcarea suplimentară luată de la piesă prin lanţul cinematic *10—12—13—14—17—16—15*, mărimea acesteia fiind reglată cu variatorul i_{v4} (fig. 12.170). Ecuaţia lanţului cinematic complex va fi:

[1] *rot/piesă* $i_{11-10}[i_{10-9}(1/i_{v2}) i_{8-7} i_{7-6} i_{10-12} i_{v3} i_{13-14} i_{14-17} \cdot i_{v4} i_{16-15} i_{15-6}] i_{6-4} i_{4-5} = [(z_1/q) \pm (c/q)]$ *rot/piesă*.

Rezultă că ecuaţia lanţului cinematic pentru mişcarea suplimentară va fi:

[1] *rot/piesă* $i_{11-10} i_{10-12} i_{v3} i_{13-14} i_{14-17} i_{v4} i_{16-15} i_{15-6} i_{6-4} i_{4-5} = [c/q]$ *rot/sculă*

Se găseşte: $i_{v3} = C_5 s$ şi $i_{v4} = C_9 c/(q \cdot s)$.

Se recomandă ca c să fie ales mai mic decît 1/5 din valoarea avansului s. În ceea ce privește semnul + sau — , interpretarea se va da în sensul că se introduce sau nu o roată intermediară în variatorul i_{v4}, care va determina o adunare sau o scădere a mișcării suplimentare față de mișcarea de bază din lanțul de rulare.

Mortezarea cu cuțit-roată. Ecuația lanțului cinematic închis de rulare (fig. 12.171).

[1] *rot/sculă* $i_{1-2}i_{2-3}i_{3-4}i_{v2}i_{5-6}i_{6-7} = [z_s/z_1]$ *rot piesă*,

de unde $i_{v2} = C_1 z_s/z_1$.

Ecuația lanțurilor cinematice ale avansurilor:

— lanțul care leagă rotația sculei cu deplasarea acesteia:

[1] *rot/sculă* $i_{1-2}i_{2-3}i_{3-8}(1/i_{v1})i_{9-10}i_{10-11} = n_s = [\pi m_1 z_s/ s]$ *număr curse sculă*,

de unde $i_{v1} = C_2 s/D_{ds}$, deoarece $m_1 z_s = D_{ds}$;

— lanțul de pătrundere

[1] *rot/piesă* $i_{7-6}i_{6-12}i_{12-13}i_{v4}i_{14-15} = [\alpha_k/360°]$ *rot camă*,

în care α_k este unghiul de rotire a camei k pentru o rotație a piesei ($\alpha_k = 270°$ pentru camă cu o trecere, $\alpha_k = 135°$ pentru camă cu două treceri, $\alpha_k = 90°$ pentru camă cu trei treceri); rezultă $i_{v4} = C_3\alpha_k/360°$.

Ecuația lanțului cinematic de așchiere:

$n_M i_{16-17}i_{v3}i_{18-10}i_{10-11} = n_s$ [curse duble/min],

de unde $i_{v3} = C_4 n_s$.

Constantele C_1, C_2, C_3 și C_4 sînt caracteristice diferitelor tipuri de mașini de mortezat.

Observație: Cama pentru o trecere se alege în cazul prelucrării în plin, pentru modulele $m_1 < 3$ mm și oțel moale; cama pentru două treceri se utilizează pentru $m_1 < 5$ mm, pentru materiale de rezistență mijlocie; iar cama pentru trei treceri — pentru module $m_1 > 5$ mm și oțeluri de mare rezistență sau pentru obținerea de precizii ridicate la roțile cu modul mic.

12.2.10.4. SCULE PENTRU DANTURARE PRIN RULARE. **Cuțite-pieptene pentru dantură dreaptă.** În figura 12.172 stînga, se dă construcția cuțitului de mortezat tip Maag; iar în dreapta, a celui de tip Sunderland. Pentru primul, $\alpha^* = 11°30'$ [68], $\gamma^* = 6°30'$ (obținute prin poziționarea cuțitului); pentru al doilea, $\alpha = 6°52'$, $\gamma = 4°$ (obținute prin construcția cuțitului).

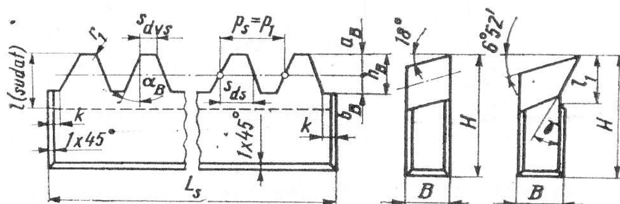


Fig. 12.172. Geometria cuțitului pieptene

În cazul cuțitului Maag, $a_B = a_A/\cos\gamma$, $h_B = h_A/\cos\gamma$, în care: $a_A = b_1 = 1{,}25\, m_1$; $h_A = 2{,}5\, m_1$; b_1 fiind înălțimea piciorului dintelui roții 1, inclusiv jocul dintre vîrful dintelui roții dințate și fundul cuțitului-pieptene; pentru cuțitele de degroșare, înălțimea capului dintelui sculei se ia mai mare cu $0{,}1\sqrt{m_1}$ pentru $m_1 = 1...1{,}75$ mm și $0{,}2\sqrt{m_1}$ pentru $m_1 = 2...24$ mm; în cazul cînd roata prelucrată urmează să fie finisată cu cuțit-roată, se ia $a_A = 1{,}3\, m_1$; $\operatorname{tg}\alpha_B = \operatorname{tg}\alpha_{d1}\cos\gamma$, $p_s = \pi m_1$, $s_{ds} = \pi m_1/2$. Pentru degroșare,

$s_{ds} = (\pi m_1/2) - 2 \cdot 0{,}2\sqrt{m_1}$; dacă prelucrarea este urmată de rectificare, $s_{ds} = (\pi m_1/2) - 2 \cdot 0{,}1\sqrt{m_1}$, $r_1 = (0{,}35...0{,}4)m_1$.

Pentru prelucrarea materialelor mai moi, se face o ascuțire suplimentară pe fața de degajare (fig. 12.173).

Cuțite-pieptene pentru dantură înclinată. Pentru dantură înclinată sau în V, cuțitul-pieptene poate avea dantură dreaptă (fig. 12.174, *a*) sau înclinată (fig. 12.174, *b* și 12.175). În primul caz, angrenarea piesă-sculă se face în secțiunea normală; ca urmare,

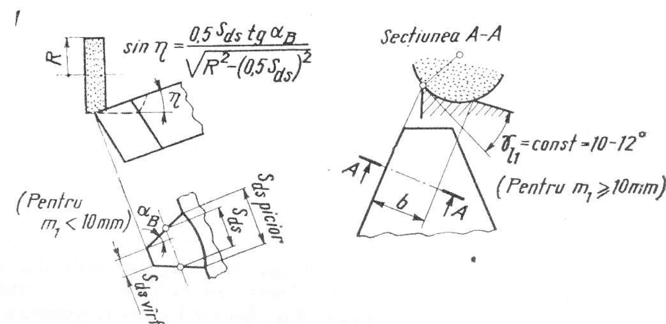


Fig. 12.173. Ascuțire suplimentară

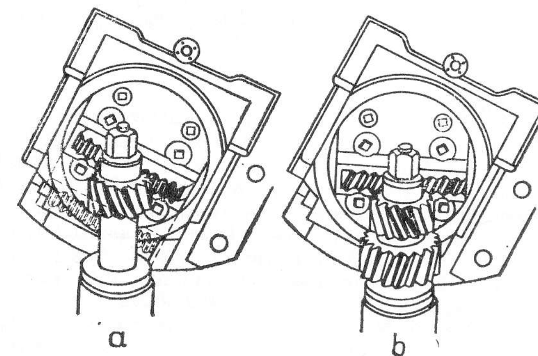


Fig. 12.174. Danturarea înclinată

în formulele angrenării se vor introduce elementele normale ale roții transformate, deoarece în secțiunea normală rezultă o elipsă, care, pentru angrenare, trebuie transformată în cerc. În cazul al doilea, se ia $\gamma = 0$, adică planul frontal al cuțitului corespunde cu suprafața frontală a roții; se va avea grijă ca, pentru dantură înclinată la dreapta, să se construiască cuțite cu dinți înclinați la stînga și invers.

Pentru cuțite-pieptene cu dinți înclinați la stînga (fig. 12.174):

$$tg(\alpha'_{Nst}, \alpha''_{Nst}) = (tg\,20° \cos \omega'_s/\cos \alpha) \pm tg\,\alpha \sin \omega'_s.$$

Pentru cuțite-pieptene cu dinți înclinați la dreapta:

$$tg(\alpha'_{Ndr}, \alpha''_{Ndr}) = (tg\,20° \cos \omega'_s/\cos \alpha) \mp tg\,\alpha \sin \omega'_s,$$

în care $tg\,\omega'_s = tg\,\omega_s \cos \alpha$, ω_s fiind unghiul de înclinare al dinților.

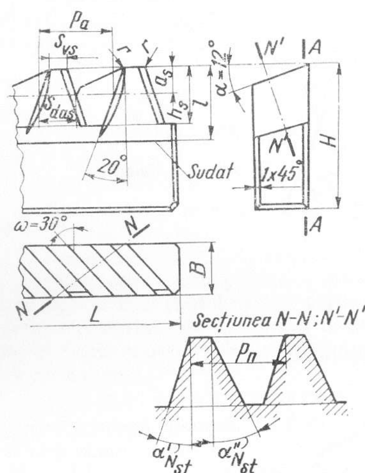


Fig. 12.175. Cuțit-pieptene pentru dantură înclinată

Freza-melc. Nu este altceva decît un șurub-melc, prevăzut cu canale de evacuarea așchiilor și detalonat. Canalele se construiesc în general elicoidale, înclinate la ω_{ds}, nî care ω_{ds} este unghiul de ridicare (pantă) al dinților elicoidali ai frezei, și care este egal cu unghiul de înclinare al dinților roții prelucrate β_{d1}. Rezultă: $\omega_{ds} = m_{ns}/D_{ds}$ în care $m_{ns} = m_{n1}$; pentru dinți drepți: $\omega_{ds} = m_1/D_{ds}$.

În secțiunea normală, profilul frezei se ia (introducînd o eroare teoretică): $\alpha_{ns} = = \alpha_{dn1}$, în care α_{dn1} este unghiul profilului de referință în secțiunea normală; pentru dantură dreaptă: $\alpha_{ns} = \alpha_{d1}$. În mod corect, pentru a se obține un dinte cu profil în evolventă, este necesar să se utilizeze freze cu profil în evolventă (K. Kutzbach, 1925). Celelalte elemente: $a_s = = b_1 = 1{,}25\, m_{n1}$ (respectiv $1{,}25\, m_1$), $b_s = 1{,}25 m_{n1}$ (respectiv $1{,}25\, m_1$), $h_s = a_s + b_s = 2{,}5\, m_{n1}$ (respectiv $2{,}5\, m_1$), $p_{ns} = p_{n1}$ (respectiv p_1), $S_{dsn} = = p_{ns}/2$ sau, pentru degroșare, $S_{dsn} = (p_{ns}/2 — — \Delta s$, în care Δs este adaosul lăsat pentru finisare, $r_1 = (0{,}25...0{,}3)\, m_{n1}$ și $r_2 = (0{,}2...0{,}3) m_{n1}$.

Alte elemente: în (fig. 12.176), se dau diametrul frezei $D_{es} \geqslant (1{,}5 \ldots 2)d + 2H$, în care $H = h_s + 0{,}5(k + k_1) + 1 \ldots 1{,}5$ mm pentru detalonare dublă și $H = h_s + + k + 0{,}5$ mm pentru freze nerectificate; unde $k = (\pi D_{es} tg\,\alpha)/z_k$, $k_1 = (1{,}2...1{,}5)k$; d — diametrul dornului (stabilit pe baza solicitărilor); cu cît diametrul frezei este mai mare, cu atît erorile care se obțin la profilarea frezei sînt mai mici; de asemenea, prin mărirea lui D_{es}, se poate mări numărul de canale iar suprafața prelucrată rezultă mai netedă. Începînd cu $m_1 = 10$ mm, frezele se execută numai cu dinți demontabili.

Diametrul de divizare, $D_{ds} = D_{es} - 2\, a_s - (0{,}2...0{,}5)k$.

Numărul de dinți (după A. N. Grubin), $z_k = 2\pi/\arccos\,(1...4{,}4\, m_{n1}/D_{es})$.

Se va verifica ca grosimea dintelui la picior să fie mai mare de 0,75 H. Pentru frezele de precizie, se recomandă $z_k \geqslant 10$.

Lungimea frezei, $L_{1min} \approx 13\, m_{n1}$. Cu cît lungimea utilă este mai mare, cu atît sînt posibile mai multe deplasări, după uzură.

Diametrul gulerelor, $D_1 = D_{es} - 2\,H - (3 \ldots 5)$mm; lungimea acestora, $e = 4 \ldots 5$. Gulerele se teșesc pe $1 \ldots 1{,}5$ mm la 30°.

Parametrii geometrici: γ (finisare) = 0°, γ (degroșare) = $3 \ldots 10°$, $\alpha = 9 \ldots 12°$ (ca urmare rezultă un unghi de așezare lateral de $3 \ldots 4°$).

Freza-melc prezintă o serie de surse de erori, datorită reascuțirii, abaterilor unghiului de înclinare al canalului de evacuarea așchiilor, necuprinderea într-un plan a tăișurilor dinților frezei, etc. Fața de degajare poate fi însă și după o suprafață elicoidală riglată. Este de observat că, cu cît canalul este mai înclinat, cu atît erorile introduse sînt mai mari.

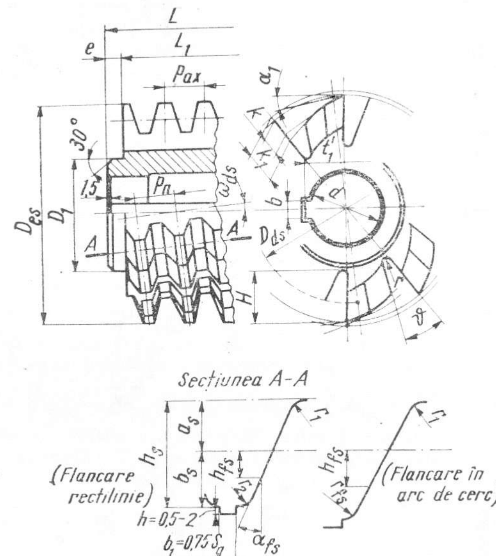


Fig. 12.176. Freză-melc.

În STAS 3092-67, sînt date dimensiunile și condițiile tehnice ale frezelor-melc cu un început, pentru finisarea roților dințate cilindrice cu modul de la 1 mm la 20 mm; iar în STAS 3091-65 și 7678-66 — freze-melc pentru finisarea arborilor canelați cu profil dreptunghiular în evolventă.

Cuțitul-roată pentru dantură dreaptă (fig. 12.177) Este o roată dințată cilindrică cu dantură deplasată, avînd, în fiecare secțiune normală la axul cuțitului, deplasări de profil primitiv al cremalieriei diferit. În secțiunea de referință, la distanța a, dantura este zero deplasată; spre fața de degajare, deplasarea este pozitivă; iar, spre spatele sculei, deplasarea este negativă. Mărimea distanței la secțiunea de referință, $a = \varepsilon m$, se stabilește ținîndu-se seama de ascuțirea vîrfului dintelui sculei. Cu cît a este mai mare, cu atît lățimea dintelui la vîrf este mai mică, rezultînd o durabilitate mai mică a sculei. Mărimea unghiului de așezare ($\alpha = 6°$) influențează asupra deplasării profilului de referință al sculei pe înălțimea întregii scule. Unghiul de degajare ($\gamma = 5°$) influențează asupra profilului sculei, deformîndu-l. De aceea, în vederea corectării deformărilor, diametrul cercului de bază al sculei se calculează cu relația [44]: $tg\,\alpha_s = tg\alpha_{d1}/(1 - tg\gamma tg\alpha)$, în care α_s este unghiul profilului sculei considerat într-o secțiune normală la axa cuțitului. Se observă că, dacă $\gamma = 0$ sau $\alpha = 0$, atunci $\alpha_s = \alpha_{d1}$; iată de ce mult timp valorile lui γ și α au fost limitate.

Diametrul de divizare nominal, D_{dn}, se adoptă în funcție de tipul mașinii-unelte, modulul și felul angrenării (exterioare sau interioare). Se va observa că, cu cît diametrul

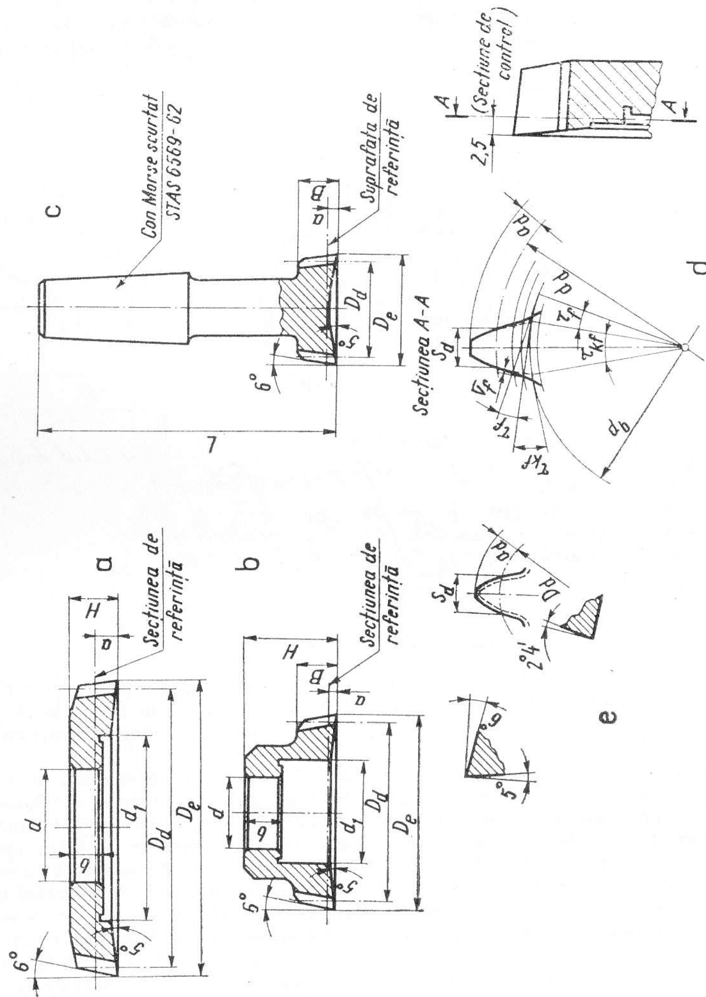


Fig. 12.177. Cuțite-roată:
a — cuțit-roată disc; *b* — cuțit-roată-oală; *c* — cuțit-roată cu coadă; *e* — dantură neflancată; *d* — dantură flancată

sculei este mai mic, cu atît este mai rigidă; dar, la un diametru mic, rezultă deformări mai mari ale evolventei la roata prelucrată. Cele mai utilizate sînt: $D_{dn} = 100$ și 75 mm. S-au standardizat: $D_{dn} = 75$, 100, 125, 160, 200 — pentru cuțit-roată disc, $D_{dn} = 50$, 75, 100, 125 — pentru cuțit-roată oală și $D_{dn} = 25$, 38 — pentru cuțit-roată cu coadă.

Numărul de dinți, în mod obișnuit este $15 \leqslant z_s \leqslant 75$, deoarece la roțile care au sub 15 dinți, la prelucrare rezultă curbe de trecere înalte, iar peste 75 dinți, rectificarea cuțitului ridică probleme — discul abraziv trebuind să dureze la ascuțirea tuturor dinților. Odată ales numărul de dinți, diametrul de divizare real are valoarea: $D_{ds} = z_s m$ unde $m = m_1 = m_s$.

În secțiunea de referință, $a_{s0} = (f' + c')m$, unde $f' + c' = 1{,}3$ sau 1,25; $b_{s0} = (1{,}3$ sau $1{,}25)m$; $s_{ds0} = 0{,}5\pi m_1 + \Delta s_d$ unde Δs_d este creșterea pentru asigurarea jocului minim dintre flancuri, la o roată dințată avînd clasa de precizie apropiată de 6JC. Pe fața frontală:

$$a_s = (f' + c')m + a \text{ tg}\alpha, \; s_{ds} = 0{,}5\pi m + \Delta s_d + 2a \text{ tg}\alpha, \; D_{es} = D_{ds} + 2a_s,$$

$$D_{is} = D_{ds} - 2\, b_s.$$

În STAS 6655-57, se dau dimensiunile și condițiile tehnice pentru cuțite-roată

Este necesar să se facă verificarea la interferență evitîndu-se ca porțiunea activă. reală a profilului roții 1 să depășească porțiunea în evolventă a dintelui roții conjugate 2. Astfel, $A_{1,2} \sin\alpha_{d1} - \sqrt{R_{e2}^2 - R_{b2}^2} \geqslant A_{s1} \sin \alpha_{s1} - \sqrt{R_{es}^2 - R_{bs}^2}$ unde A_{12} și A_{s1} sînt distanțele dintre centrele roților 1,2 respectiv roata 1 și scula s; α_{s1} — unghiul de angrenare dintre roata 1 și sculă; $R_{e2,s}$ — raza exterioară a roții 2 respectiv sculei s. De asemenea, pentru evitarea posibilității subțierii piciorului dintelui roții prelucrate, $R_{es} < \sqrt{(A_{s1,2} \sin\alpha_{s1,2})^2 + R_{bs}^2}$. Pentru executarea corectă a capului dintelui roții prelucrate, $R_{e1,2} < \sqrt{(A_{s1,2} \sin\alpha_{s1,2})^2 + R_{b1,2}^2}$ iar pentru realizarea unor curbe de trecere mai puțin înalte, se face $f' + c' = 1{,}3$, ceea ce este necesar mai ales la cuțite-roată cu număr mic de dinți.

În cazul prelucrării danturii interioare, pentru evitarea interferenței primare (interferența profilelor în evolventă la capătul dintelui sculei și la piciorul dintelui roții), $R_{es} \geqslant \sqrt{(A_{s2} \sin\alpha_{s2})^2 + R_{b2}^2}$, în care indicele 2 s-a luat pentru roata cu dantură interioară; pentru ca vîrful dinților roții 2 și ai pinionului 1, la angrenare, să nu pătrundă în curbele de racordare de la piciorul dintelui, $\sqrt{R_{e1}^2 - R_{b1}^2} + A_{12} \sin\alpha_d \leqslant A_{s2} \sin\alpha_{s2} - \sqrt{R_{es}^2 - R_{bs}^2}$. În cazul pinionului 1, raza cercului pe care este amplasat punctul inițial de contact al pinionului să fie mai mare decît raza punctului de contact al vîrfului dintelui sculei, adică $\sqrt{R_{e2}^2 - R_{b2}^2} - A_{12} \sin\alpha_d \geqslant A_{s1} \sin\alpha_{s1} - \sqrt{R_{es}^2 - R_{bs}^2}$. Pentru evitarea interferenței secundare (interferența profilelor în evolventă la capetele dinților roții prelucrate 2 și sculei, la intrarea sau la ieșirea din angrenare a dinților) este necesar ca — după criteriul lui Buckingham [9]: $x_2 > x_1$, în care $x_2 = \delta - v_f$; $x_1 = \text{inv}\alpha_{2f}$; $\delta = [z_s(\text{inv}\alpha_{sf} - \text{inv}\alpha_d)/z_2] + \text{inv}\alpha_d$; $v_f = \arcsin [(R_{es} \sin \varepsilon_s)/R_{es}] - \varepsilon_2$; $\cos\alpha_{2f} = R_{b2}/R_{es}$; $\cos\alpha_{sf} = R_{bs}/R_{es}$; $\cos\varepsilon_s = (R_{e2}^2 - R_{es}^2 - A_{s2}^2)/(2A_{s2}R_{es})$; $\varepsilon_2 = (z_s/z_2)\varepsilon_s$. Henriot [78,v.I, p. 159] dă o diagramă pentru stabilirea diferenței $(z_2 - z_1)_{min}$, pentru diferiți coeficienți

ai înălțimii capului dintelui, astfel încît să se evite interferența secundară la angrenarea pinionului *1* cu roata cu dantură interioară *2* (fig. 12.178); se observă că, pentru $f_2' + c_2' = 1$ și $\alpha_d = 20°$, se găsește $z_2 - z_1 \geqslant 8$.

Aceeași diagramă poate fi utilizată și pentru generarea danturii interioare a roții **2**, cu cuțitul-roată, dacă se consideră $f_s' + c_s' = 1{,}25$ sau 1,3; în acest caz, pentru $\alpha_d = 20°$, $f_2' + c_2' = 1$ și $f_s' + c_s' = 1{,}25$, calculîndu-se valoarea medie $(1 + 1{,}25)/2$, se găsește din diagrama $z_2 - z_s \geqslant 9$. În cazul prelucrării danturii interioare, este necesar să se verifice și interferența datorită avansului de pătrundere radial al cuțitului-roată. În acest caz se calculează coordonatele $x_1, x_2, x_3, \ldots$ respectiv $X_1, X_2, X_3 \ldots$ ale vîrfurilor dinților sculei respectiv roții 2 pînă la linia centrelor acestora [78] = $x_1 = R_{es} \sin\delta_1$; $x_2 = R_{es} \sin\delta_2$; $x_3 = R_{es} \sin\delta_3, \ldots$ și $X_1 = R_{e2} \sin\delta_1$; $X_2 = R_{e2}\sin\delta_2$; $X_3 = R_{e3} \sin \delta_3, \ldots$ în care $\delta_1 = S_{es}/2R_{es}$ și $\Delta_1 = (\pi/z_2) - (S_{e2}/2R_{e2})$ — pentru cazul cînd axa dintelui sculei coincide cu linia centrelor, sau $\delta_1 = (\pi/z_s) + (S_{es}/2R_{es})$ și $\Delta_1 = (2\pi/z_2) - (S_{e2}/2\,R_{e2})$ — pentru cazul cînd axa unui gol al danturii sculei coincide cu linia centrelor. Celelalte cazuri sînt intermediare iar $\delta_2 = \delta_1 + (2\pi/z_s)$; $\delta_3 = \delta_1 + (4\pi/z_s), \ldots$ și $\Delta_2 = \Delta_1 + (2\pi/z_2)$, $\Delta_3 = \Delta_1 + (4\pi/z_2), \ldots$, în care S_{es} și S_{e2} sînt grosimile vîrfurilor dinților de la sculă respectiv roata *2*, z_s și z_2 — numărul de dinți al sculei, respectiv roții *2*, z_1 — numărul de dinți al pionului **1**, α_d — unghiul de angrenare. Pentru a nu exista interferență, este necesar ca $x_i < X_i$, pentru toți dinții. În mod practic, se poate utiliza, și în acest caz, diagrama din (fig. 12.178), dacă pentru diferențele limită $(z_2 - z_s)$ se adaugă la valoarea obținută 6 dinți [78]. Se observă că verificarea la interferența datorită avansului sculei face inutilă verificarea la interferența secundară. Pe de altă parte, rezultă că nu trebuie utilizată o sculă al cărui număr de dinți z_s este apropiat de numărul de dinți z_2 al roții danturate *2*. În cazul cînd nu se poate respecta diferența $z_2 - z_s$ sau $z_2 - z_1$ prescrisă, este necesar să se scurteze înălțimea capului dintelui roții *2* sau să se mărească coeficientul de deplasare ξ_2 sau să se aleagă o altă valoare pentru unghiul de deplasare, sau combinat. Literatura de specialitate dă și alte metode de calcul mai precise în ceea ce privește verificarea interferenței [53]. Literatura dă și alte metode de verificare a interferenței secundare[1]. Henriot [29, v. I, p. 159] dă o diagramă pentru stabilirea diferenței $(z_2 - z_1)_{min}$ pentru diferiți coeficienți ai înălțimii capului dintelui (fig. 12.178); diagrama poate fi utilizată în mod practic și pentru diferența limită $(z_2 - z_s)$, adăugîndu-se la valoarea obținută 6 dinți [29].

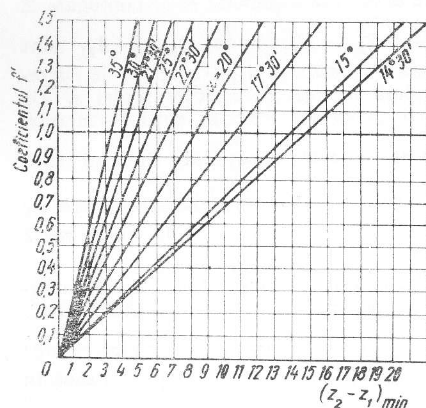


Fig. 12.178. Diagramă pentru $(z_2 - z_1)_{min}$ [29]

Ascuțirea cuțitului-roată se face conform figurii 12.179, *a*. În cazul prelucrării oțelurilor moi, se face o ascuțire suplimentară (fig. 12.179, *b*, *c* și *d*). În ceea ce privește fețele laterale ale dinților, acestea vor fi suprafețe elicoidale în evolventă, generate cu același arc de bază.

[1] V. F. Romanov, Mașini-unelte și scule, nr. 6/1954

Datorită reascuțirii sculei, aceasta va forma cu roata dințată prelucrată diferite tipuri de angrenaje, după coeficientul de deplasare ξ_s din secțiunea unde s-a ajuns cu reascuțirea. Distanța dintre centrele sculei și piesei se va calcula cu formula $A_{1s} = A_0 + (\xi_1 + \xi_s)m$, în care ξ_{1s} se vor înlocui cu valorile lor reale, putînd rezulta angrenarea zero, pozitivă sau negativă; valoarea lui A_0 : $A_0 = 0{,}5(z_s + z_1)m$. Ținînd seama de jocul dintre flancuri, se poate considera relația: $A_{1s} < A_0 + (\xi_1 + \xi_s)m$.

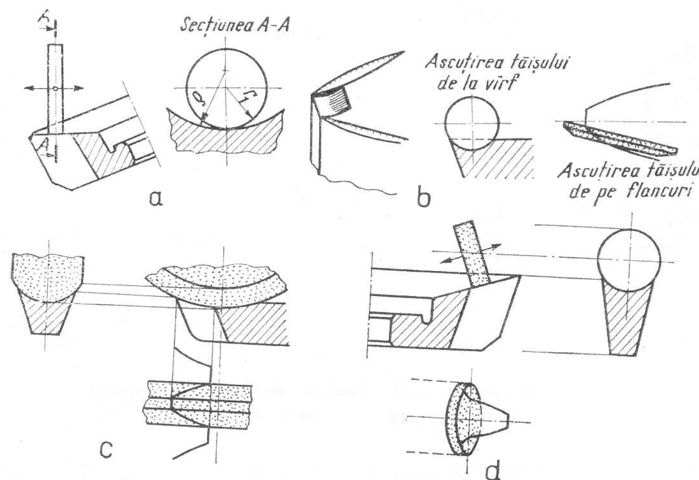


Fig. 12.179. Ascuțirea cuțitului-roată:
a — normală; *b*, *c*, *d* — suplimentară

Cuțite-roată pentru dantură înclinată (fig. 12.180, *b*). Pentru ca dinții generați de sculă să aibă o suprafață laterală elicoidală în evolventă, este necesar ca suprafața înfășurătoare materializată de muchiile tăișurilor sculei să fie o suprafață elicoidală în evolventă; ca urmare, muchiile tăișurilor trebuie să execute o mișcare elicoidală realizată de exemplu de un ghidaj special, de pas egal cu pasul P_{ES} al suprafeței elicoidale materializată de tăișuri (fig. 12.180, *a*). În plus, va exista și o rotație a sculei datorită avansului de rulare. Unghiul de înclinare al suprafeței materializată de tăișuri ω_{ds}, măsurat pe cilindrul de divizare al sculei, va fi egal cu unghiul de înclinare al danturii prelucrate, β_{d1}. Dacă cuțitul-roată are diametrul de divizare egal cu al semifabricatului, va rezulta: $\omega_{ds} = \beta_{d1}$ și $P_{ES} = P_{E1}$. Mașinile-unelte fiind echipate cu ghidaje elicoidale de schimb, calculate pe un anumit diametru nominal al cercului de divizare al cuțitului-roată și pentru un anumit unghi al danturii, rezultă că, pentru un unghi β_{d1} prescris, diametrul cuțitului-roată este impus de ghidajele elicoidale existente.

Fața de degajare poate fi: 1) cuprinsă în planul frontal al roții prelucrate (fig. 12.180) *c* — cuțit Sykes sau 2) normală la suprafața elicoidală materializată de tăișurile sculei (fig. 12.180, *d*) — cuțit tip Fellows. În ultimul caz, diferitele elemente ale sculei, din secțiune frontală și secțiune normală, se calculează cu relațiile: $m_a = m_n/\cos\omega_{ds}$, $\mathrm{tg}\alpha_{da} = \mathrm{tg}\alpha_{dn}/\cos\omega_{ds}$, $f_a' = f_n' \cos\omega_{ds}$.

Pentru cuţitul Sykes, $a_s = 0,8\ m_a$, $b_s = 1,1\ m_a$, c (jocul radial) $= 0,3\ m_a$, $\alpha_{da} = 20°$ sau $17°30'$, $m_a = m_n/\cos\beta_{d1}$ (în cazul cînd roata dinţată are un anumit modul în secţiune normală, m_n). Pentru cuţitul Fellows, $\alpha_{dn} = 20°$, $f'_n = 1$ sau 0,8, c'_n (coeficientul jocului) $= 0,25 ... 0,3$, $s_{ds\ n} = 0,5\pi m_a \cos\omega_{ds}$ (din secţiunea de referinţă $A_n - A_n$) sau, luînd în considerare jocul, $s_{ds\ n} = (0,5\pi m_a + j) \cos\omega_{ds}$, $s_{dsn} = s_{ds\ n}/\cos\omega_{ds}$ (din secţiunea frontală de referinţă).

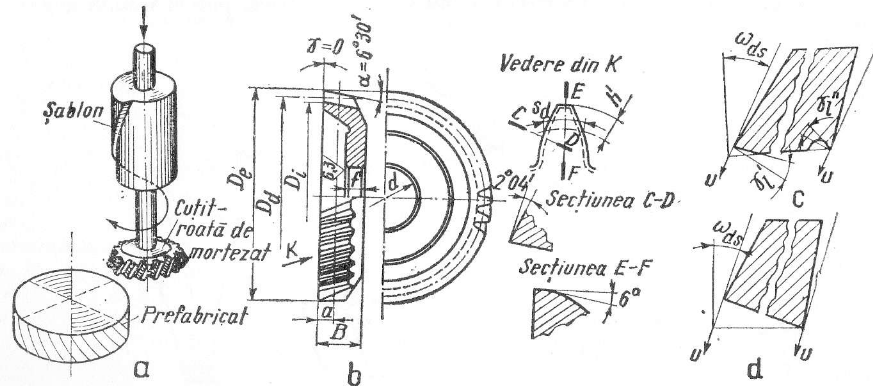


Fig. 12.180. Cuţite-roată pentru dantură înclinată:
a — ghidaj; *b* — cuţit; *c* — Sykes; *d* — Fellows

12.2.11. ŞEVERUIREA

12.2.11.1. PROCESUL DE ŞEVERUIRE. Şeveruirea este un proces de răzuire, în care scula, sub formă de cremalieră (mai puţin răspîndită) sau roată, prevăzută cu canale pe înălţimea dintelui, rulează cu semifabricatul, formînd un angrenaj încrucişat, la care contactul dintre dinţi este teoretic punctiform. Şeverul are o alunecare relativă de-a lungul flancurilor dinţilor fig. 12.181, *a*. Se obţine: mărirea preciziei roţilor prelucrate cu o treaptă; îmbunătăţirea netezimii suprafeţelor $Ra = 0,32 ... 0,63$ µm, faţă de $Ra = 2,5 ... 5$ µm la prelucrarea prealabilă; bombarea dinţilor (eventual), atunci cînd se prevede oscilarea suportului portpiesă. Se prelucrează roţi dinţate netratate sau îmbunătăţite cu $\sigma_r = 70 ... 90$ daN/mm², max 110 daN/mm².

Unghiul de încrucişare a proiecţiilor axelor δ, se ia de 15° (minim 3°, maxim 30°). Cu cît δ este mai mare, cu atît alunecarea şi deci aşchierea sînt mai intense, dar cu atît zona de contact este mai mică şi presiunea specifică mai mare, existînd pericolul de înţepenire, ruperea danturii şi, în acelaşi timp, rezultă suprafeţe mai rugoase. Dacă δ este mic, viteza de aşchiere este mică, mărindu-se efectul de presare (durificarea materialului); ca urmare, creşte ondulaţia suprafeţei prelucrate. Unghiul δ are valoarea $\delta = \beta_{d1} \pm \omega_{ds}$, semnul + se ia cînd dinţii sînt înclinaţi în acelaşi sens, iar — în sens contrar (fig. 12.181, *b*).

În afară de mişcarea principală de rulare, sînt necesare două avansuri: s_l — avansul longitudinal, mm/rot semifabricat şi s_t — avansul radial (periodic), mm/cursă sanie portpiesă. Avansul longitudinal poate fi: axial (de-a lungul axei roţii), tangenţial (perpendicular pe axa roţii) şi oblic cuprins între primele două cazuri. Direcţia avansului longitudinal influenţează asupra productivităţii (datorită lungimii cursei: mai mică în cazul avansului tangenţial, mai mare în cazul avansului axial) şi asupra microgeometriei suprafeţei (fig. 12.181, *c*), în care traiectoria 1 este pentru avans axial, traiectoria 2 pentru avans tangenţial.

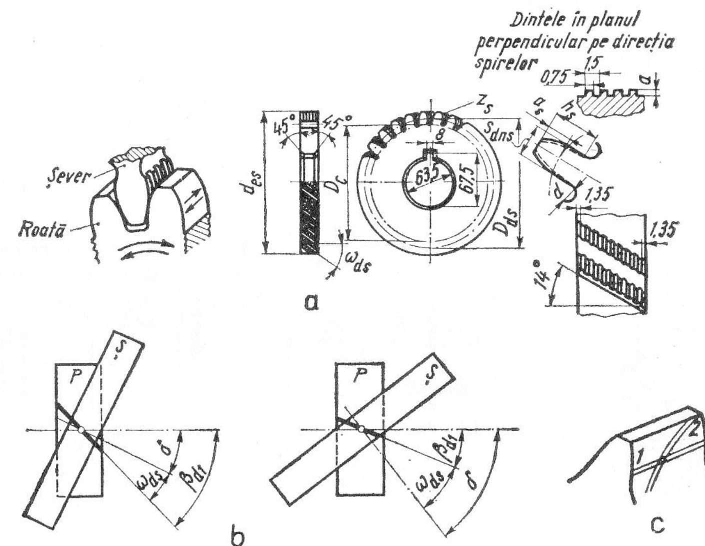


Fig. 12.181. Şeveruirea:
a — şever-roată; *b* — unghiul axelor; *c* — traiectoriile aşchierii

Obişnuit, şeverul este acela care se roteşte şi antrenează semifabricatul, iar avansul radial este executat de piesă pentru roţi mari, lucrurile se petrec invers. Avansul longitudinal este executat de şever sau de roată. În cazul roţilor mici, axa acestora este orizontală; la roţile mari se preferă verticală. În figura 12.182. se dă schema cinematică structurală pentru o maşină de şeveruit. Lanţul cinematic principal execută mişcarea de rotaţie a sculei, primind mişcarea de la motorul M_1, prin roţile de schimb A_v, B_v. Lanţul cinematic de avans longitudinal primeşte mişcarea de la motorul M_2, prin roţile de schimb A_{WL}, B_{WL}. Mişcarea de avans radial este asigurată printr-un mecanism cu clichet MC, comandat de o camă K, acţionată de lanţul cinematic de avans longitudinal.

Prelucrarea prealabilă şeveruirii trebuie să se facă cu o sculă cu protuberanţe (fig. 12.183) şi să asigure un adaos de prelucrare de maxim 0,03 ... 0,06 mm pe o latură a dintelui. Pentru calculul adaosului se poate lua: $\Delta_s = 0,035\ m_1$, după M. D. Genkin şi E. I. Trofimova.

Regimul de aşchiere se ia după practica uzinelor şi în funcţie de datele cinematice ale maşinilor-unelte (tabelul 12.81). Timpul de bază se calculează cu formula $t_b = (l + 10)$

$z_1 h/(s_t n_s z_s s_t)$ [min], în care l este lungimea dintelui prelucrat, h — adaosul de prelucrare pe flancul dintelui, mm.

În ultimul timp, s-a introdus șeveruirea cu șever abraziv.

12.2.11.2. PROIECTAREA ȘEVERULUI-ROATĂ. Calculul șeverului se face plecînd de la angrenarea acestuia și a semifabricatului în secțiune normală la direcția dinților, înlocuindu-se șeverul real printr-un șever ideal (după I. I. Semencenko) [42, p. 474—483], sau considerîndu-se șeverul și semifabricatul ca formînd un angrenaj cu dinți elicoidali și axe încrucișate. Diametrul șeverului se ia maximum posibil, în funcție de limitele permise de mașina-unealtă, durabilitate și productivitate. Numărul de dinți ai șeverului z_s se iau astfel ca să fie un număr prim, sau să nu aibă factori comuni cu numărul de dinți z_1 al roții și să nu fie un multiplu al numărului de dinți z_1 al roții.

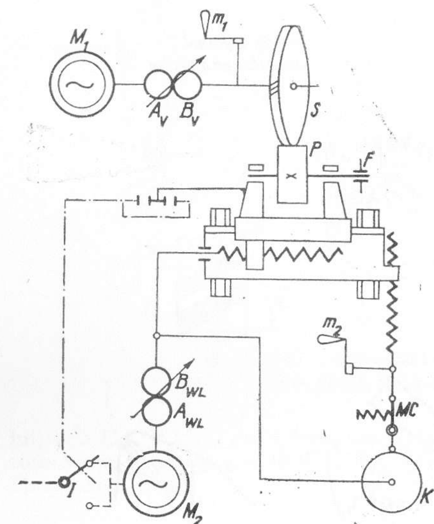


Fig. 12.182. Schema cinematică structurală a mașinii de șeveruit

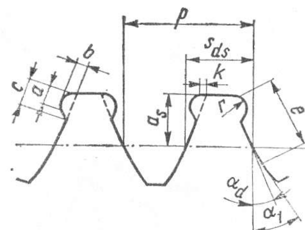


Fig. 12.183. Prelucrarea prealabilă șeveruirii

12.2.12. DANTURAREA ROȚILOR MELCATE ȘI A MELCILOR

12.2.12.1. PRELUCRAREA ANGRENAJELOR MELCATE CILINDRICE. **Prelucrarea roților melcate.** Generarea danturii se face de către un melc imaginar, materializat de tăișurile sculei, care poate fi freza-melc (fig.12.184) sau cuțitul rotativ (fig.12.188). În primul caz, frezarea are loc cu avans radial, metoda este mai productivă, dar mai puțin precisă. Este utilizată pînă la o înclinare a danturii prelucrate de 6 ... 8°. Frezarea cu avans tangențial este mai precisă. Obișnuit, se consideră un melc Arhimede, astfel că freza-melc va avea un profil rectiliniu în secțiune axială: $\text{ctg}\,\alpha_{dr} = \text{ctg}\,\alpha_{d1} - \text{tg}\varkappa_c$, $\text{ctg}\,\alpha_{st} = \text{ctg}\,\alpha_{d1} + \text{tg}\varkappa_c$, în care $\text{tg}\varkappa_c = kz_k/P_k$, z_k fiind numărul de canale, iar P_k — pasul canalului elicoidal (fig. 12.185).

Dimensiunile frezei: $D_{es} = D_{e1} + 2(c' + 0{,}1)m$, în care D_{e1} este diametrul exterior al melcului conjugat, $0{,}1\,m$ — adaus pentru compensarea reascuțirii, c' — coeficientul

Tabelul 12.81

Regimul de așchiere în cazul șeveruirii [24]

Clasa de precizie a roții dințate	Rugozitatea Ra, µm	Numărul de dinți al roții z_1: 17	25	40	100	Avansul radial s_t, mm/cursă masă
		Avansul longitudinal s_l, mm/rot piesă				
6	≤ 0,63 1,25	0,15—0,20 0,20—0,25	0,20—0,25 0,25—0,30	0,25—0,30 0,35—0,40	0,35—0,40 0,50—0,60	0,02—0,025
7	≤ 0,63 1,25	0,15—0,20 0,20—0,25	0,20—0,25 0,25—0,30	0,25—0,30 0,35—0,40	0,35—0,40 0,50—0,60	0,04—0,05

Materialul prelucrat	Oțel carbon de construcție				Oțel aliat	Fontă cenușie
	OLC 15 OLC 20 OLC 25	OLC 30 OLC 35	OLC 40, OLC 45 OLC 50			
Duritatea, HB	< 170	< 196	< 217	< 285	< 229	< 210
Viteza periferică inițială v_0, m/min	150	140	130	80	105	80

Viteza de așchiere: $v = v_0\,\sin\delta/\cos\beta_{d1}$, m/min

Adausul de prelucrare						
Forma dinților	Modulul m_n, mm	Adausul de prelucrare la distanța între centre, unghiul de angrenare α, grade: 15	20	25	30	Adausul de prelucrare pe grosimea dintelui
		Adausul, mm				
Dinți drepți	< 3,5	0,18—0,24	0,15—0,20	0,12—0,16	0,10—0,14	0,10—0,15
	< 5	0,25—0,30	0,20—0,25	0,17—0,20	0,15—0,17	0,15—0,18
	< 8	0,30—0,35	0,25—0,30	0,20—0,24	0,17—0,20	0,18—0,22
Dinți înclinați	< 3,5	0,30—0,40	0,20—0,30	0,16—0,20	0,12—0,18	0,15—0,20
	< 5	0,40—0,45	0,30—0,35	0,20—0,25	0,12—0,20	0,20—0,25
	< 8	0,45—0,55	0,35—0,40	0,25—0,30	0,20—0,25	0,25—0,30

jocului radial c; $D_{es}\,min$ (după reascuțire) $= D_{e1} + c$; $D_{ds} = D_{d1} +$ (0,1 ... 0,05)m; $D_{is} = D_{i1} + c$; $a_s = b_2$, în care b_2 este înălțimea piciorului de la melcul conjugat; $\sin \omega_{ds} = mq/D_{ds}$, în care $q = z_1$ este numărul de începuturi ale melcului conjugat; $p_{ax} = \pi m$; razele de racordare se iau după profilul cremalierei de referință. În desenul frezei, este necesar să se dea și valoarea elementelor după detalonare: $a'_s = a_s \cos\varkappa_c$, $p'_{ax} = p_{ax}/\cos\varkappa_c$, $s_{ds} = s_d/\cos\varkappa_c = 0{,}5\pi m/\cos\varkappa_c$. Restul elementelor se determină ca la orice freză profilată.

Fig. 12.184. Danturarea roților melcate cu freza-melc:
a — avans radial; *b* — avans tangențial

La prelucrarea cu avans radial, structura cinematică va fi cea din fig. 12.186. Ecuația lanțului cinematic de avans:
[1] *rot piesă* $i_{11-10} i_{10-12} i_{v3} i_{13-14} i_{14-18} t_1 = [s_r]$mm *deplasarea radială a piesei*, de unde $i_{v3} = C_6 s_1$.

Observație: carcasa diferențialului va fi blocată, iar i_{v4} decuplat.

În cazul prelucrării cu avans tangențial, se montează pe mașină un suport special, care primește mișcarea din punctul 14 (fig. 12.187). Ecuația lanțului cinematic de avans:
[1] *rot piesă* $i_{11-10} i_{10-12} i_{v3} i_{13-14} i_{14-18} t_2 = [s_t]$ mm *deplasare axială a frezei*, de unde $i_{v3} = C_7 s_2$.

Fig. 12.185. Freza-melc pentru roți melcate

Ca și la frezarea roților dințate cilindrice, există și în acest caz două lanțuri cinematice complexe: unul care asigură rularea, altul avînd, drept mecanism piesă-sculă, cuplul șurub-piuliță. Pentru a se menține angrenarea sculei cu piesa, trebuie imprimată sculei o rotație suplimentară. Ecuația lanțului cinematic închis va fi:
[1] *rot piesă* $i_{11-10} i_{10-9} (1/i_{v2}) i_{8-7} i_{7-15} i_{15-16} (1/i_{v4}) i_{17-14} i_{14-18} t_2 = [\pi D_{ds}]$ *deplasare axială freză*, sau [1] *rot piesă* $C_7[1/(i_{v2} i_{v4}) = [\pi D_{ds}]$*deplasare axială freză* $= p_{ax} z_2$. Luînd $i_{v2} = C_1 q/z_2$, rezultă $i_{v4} = C_8/(q \cdot p_{ax})$.

În cazul cînd se prelucrează roți melcate cu număr prim de dinți, pentru care nu se găsesc roți de schimb potrivite, se va întrebuința mișcarea suplimentară venită la diferențial prin variatorul i_{v4} combinat cu lanțul avansului tangențial. În acest caz,

avansul tangențial va servi nu numai pătrunderii treptate a frezei în semifabricat, ci și pentru asigurarea termenului suplimentar al sumei $z = z_1 \pm c$ [58].

În cazul cînd se prelucrează o singură roată melcată sau un număr mic de roți, cînd nu există o freză-melc, se poate utiliza unul sau mai multe cuțite

Fig. 12.186. Structura cinematică în cazul avansului radial

Fig. 12.187. Structura cinematică în cazul avansului tangențial

profilate montate pe un dorn (un cuțit servește la degroșare, altul la finisare) (fig. 12.188).,

Regimurile de așchiere, la prelucrarea roților melcate cu freză din oțel rapid *Rp* 3, se dau în tabelul 12.82.

Timpul de bază, pentru prelucrarea cu avans radial: $t_b = 3m_1 z_1/(s_r n_s q)$[min]; pentru avans tangențial:

$$t_b = 2{,}94 m_1 \sqrt{\frac{z_1 z_e}{s_t n_s q}} \text{ [min]}.$$

Prelucrarea melcilor cilindrici. Degroşarea se poate face cu freza; **finisarea se face** cu cuţite. În cazul melcilor riglaţi, tăişul cuţitului materializează dreapta generatoare a melcului.

Tabelul 12.82

Regimul de aşchiere pentru danturarea roţilor melcate

Modulul *m*, mm	Avans radial, s_r mm/rot		Avans tangenţial s_t, mm/rot		Materialul prelucrat: fontă cu HB			
	Numărul de dinţi al roţii Z_1				160	180	200	220
	⩽40	>40	⩽40	>40	Viteza de aşchiere, *v*, m/min			
3	0,95	1,16	1,38	1,68	37,0	32,8	29,3	26,6
4	0,88	1,08	1,28	1,56	34,4	30,4	27,2	24,8
5	0,82	1,04	1,20	1,48	32,4	28,6	25,6	23,3
6	0,80	1,00	1,14	1,40	31,0	27,4	24,5	22,3
8	0,74	0,90	1,05	1,30	28,2	25,4	22,7	20,6
10	0,70	0,86	1,00	1,24	27,1	24,0	21,4	19,5

Observaţie. Datele pentru fonta cenuşie *HB* = 180...200 corespund şi pentru bronz *HB* = 120.

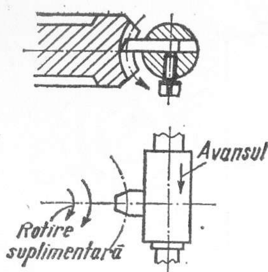


Fig. 12.188. Cuţit rotativ, cu avans tangenţial

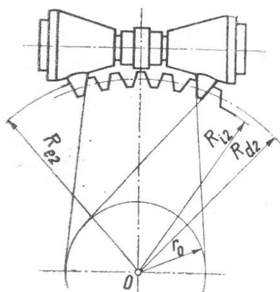


Fig. 12.189. Dorn portcuţite generator

12.2.10.5. PRELUCRAREA ANGRENAJELOR MELCATE GLOBOIDALE. **Prelucrarea roţilor melcate.** Generarea danturii se face de către un melc globoidal imaginar, materializat de tăişurile sculei, care poate fi un dorn portcuţite (fig. 12.189). Se pot proiecta cuţite rotative pentru degroşare sau cuţite rotative pentru finisare. Pentru finisare se poate utiliza, un şever-melc globoidal care este o copie a melcului globoidal generator imaginar. Se poate executa şi o lepuire a roţii melcate globoidale, cu un melc globoidal din fontă, avînd dimensiunile melcului generator imaginar.

Prelucrarea melcilor globoidali. Degroşarea se poate face cu freză-deget sau capete port-cuţite. Finisarea se face numai cu capete portcuţite (fig. 12.190), ale căror tăişuri materializează generatoarele profilului dinţilor.

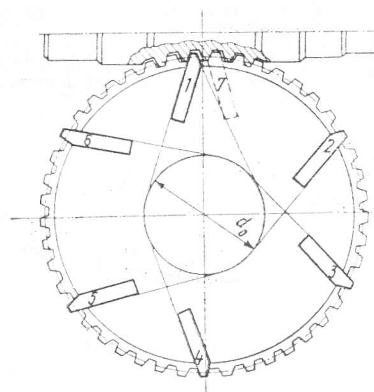


Fig. 12.190. Cap portcuţite generator

12.2.13. DANTURAREA ROŢILOR CONICE CU DINŢI DREPŢI ŞI ÎNCLINAŢI

12.2.13.1. DANTURAREA PRIN COPIERE. Constă din copierea pe semifabricat a profilului sculei (freză-melc modul, freză-deget modul, broşe) sau a unui şablon.

Prelucrarea cu freză-disc modul se face pe maşina de frezat universală sau pe maşini speciale, de exemplu maşina de eboşat EZ 1 [16, v.VI, p. 390—392]; prelucrarea cu freză deget modul se execută pe maşini speciale (maşina de frezat OKU 35 sau 50, care permite prelucrarea dinţilor drepţi, înclinaţi sau în V, pînă la modulul m = 50 şi diametre de 5000 mm [8, p. 250—251]). Danturarea cu freze modul nu asigură precizia necesară, de aceea se utilizează numai pentru degroşare sau atunci cînd nu se impun condiţii funcţionale deosebite, de exemplu angrenaje de mică importanţă, cu viteză tangenţială mică.

Prelucrarea cu broşa (fig. 12.94,*g*) se face pe maşini speciale, de exemplu maşina sovietică ST 1222 [8, p. 252—253], pentru prelucrarea în masă a pinioanelor de la diferenţialul auto. Timpul de bază, $t_b = \tau z_1/60$ [min], în care τ este timpul de prelucrare a unui dinte, stabilit prin reglarea cinematică a maşinii-unelte.

Copierea cu şablon se utilizează, în general, pentru roţi dinţate conice de module şi dimensiuni mari, pentru care danturarea prin rulare nu este posibilă. Are avantajul că scula este foarte simplă (cuţit de rabotat) şi se poate realiza orice profil, obţinîndu-se dinţi bombaţi, atît în lungime cît şi în înălţime. Metoda are însă dezavantajul că necesită multe şabloane, iar productivitatea este scăzută. Prelucrarea se face pe maşini-speciale, de exemplu pe maşina sovietică 5283 [8, p. 253—254], care permite danturări pînă la m = 30 mm şi diametrul de 180 ... 750 mm; Gleason, pentru roţi de 5000 mm diametru; Oerlikon, pentru roţi cu diametrul 1250 ... 1600 mm.

12.2.13.2. DANTURAREA PRIN RULARE. Se bazează pe legile angrenării, generarea danturii se face cu ajutorul unei roţi plane imaginare, materializată prin sculă, ale cărei tăişuri „mătură" flancurile cremalierei.

Rabotarea cu un cuţit. Scula are forma prismatică (fig. 12.191), tăişurile materializînd un dinte al roţii plane (cu unghiul de 180°). Prin aşezarea înclinată apare unghiul

de așezare α și unghiurile laterale α_l. Prelucrarea se face pe mașina Reinecker AKH-3 sistem Bilgram [8, p. 262–264].

Rabotarea cu două cuțite. Profilul trapezoidal al unui gol al danturii roții plane este materializat de două cuțite, cu tăișuri rectilinii, care formează elementul de bază al

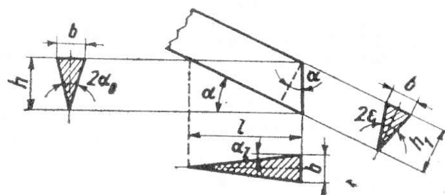


Fig. 12.191. Cuțit Bilgram

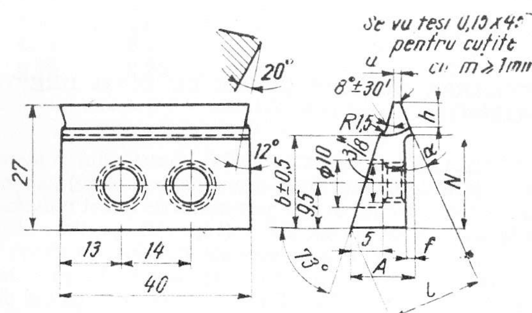


Fig. 12.192. Cuțit pentru rabotat dantura conică Gleason (3).

sculei, restul elementelor fiind în legătură cu poziționarea tăișului (fig. 12.192). Forma cuțitelor este standardizată (STAS 6985-67). Prin așezarea înclinată a cuțitului, față de traiectorie, apare unghiul de așezare α, precum și unghiuri de așezare laterale α_l Pentru simplificarea cinematicii, în general, se consideră o roată cu vîrf plan și în acest caz, deplasarea cuțitelor se face perpendicular la axa roții plane. Prelucrarea se face pe mașina sovietică 526, 5A26 și 523 sau Heidenreich-Harbeck 12 H, 26 H, 60 H și 75 KH. Literatura tehnică de specialitate [8, p. 257–261] [7, p. 524–526] dă schema structurală și reglarea mașinii-unelte.

Timpul de bază, $t_b = \tau z_1/60$ [min], în care τ este timpul de prelucrare al unui dinte, stabilit prin reglarea cinematică a mașinii.

Frezarea cu două freze-disc (prelucrarea danturii drepte). Dintele roții plane este materializat de tăișurile a două freze-disc, cu dinți laterali (fig. 12.193). Datorită existenței unghiului μ, rezultă dinți în formă de butoi, cu săgeata $\Delta s = b^2 \mathrm{tg}\mu/(8R)$, în care b este lățimea coroanei dințate, R-raza frezei. Pentru module m = 0,5 ... 3,0 mm, se recomandă $\Delta s = 0 \dots 0{,}02$ mm. Cunoscîndu-se Δs, se determină μ. Dinții frezei sînt detalonați,

luîndu-se $\alpha = 12°$. Fața de degajare se ascute la unghiul $\gamma_N = 20°$. Danturarea se face pe mașinile: 5 P 23 (URSS), Gleason nr. 114 (dantură Coniflex), Modul ZFTK 500 × 30 (RDG) (dantură Konvoid), Klingelnberg BF 201 A (RFG) (dantură Spheroid). Literatura de specialitate [7, p. 526–529] dă schema structurală de principiu. Avantajul prelucrării este productivitatea ridicată (de 3–5 ori mai mare decît în cazul rabotării), precum și precizia de prelucrare; în schimb, rezultă o suprafață mai rugoasă. Pentru prelucrarea pinioanelor conice cu dantură dreaptă de la diferențialele auto, dantura care nu impune condiții de precizie superioare celei mijlocii și care, datorită seriei mari, justifică cheltuielile de investiții [7].

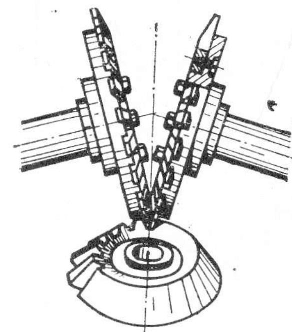
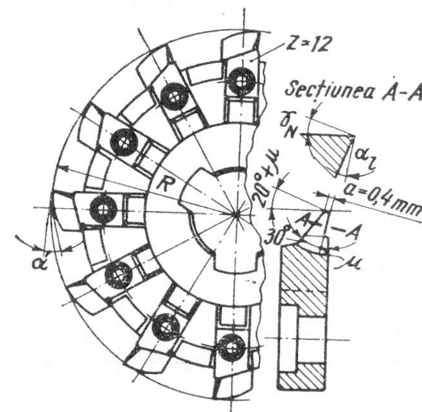


Fig. 12.193. Frezarea prin rulare a danturii conice.

12.2.14. DANTURAREA ROȚILOR CONICE CU DINȚI CURBILINII

12.2.14.1. DANTURĂ ÎN ARC DE CERC (PROCEDEUL BÖTCHER). Dinții roții plane sînt în arc de cerc (fig. 2.194), de rază r_s, formînd cu tangenta unghiul de înclinare β_m față de axa roții plane; cînd $\beta_m = 0$ — dantură zerol. Materializarea acestora se face de către capul portcuțite, de rază r_s (fig. 2.195). Cuțitele, materializînd un dinte al roții plane de profil trapezoidal, vor fi prismatice (ca și la cuțitul Bilgram), prisme așezate pe un suport de fixare și răsucite — pentru a putea trece prin golurile curbilinii ale roții prelucrate (fig. 2.196). Datorită unghiului α, apar unghiuri de așezare laterale α_l și, în același timp, suprafețele laterale ale prismei devin suprafețe elicoidale (elicoidul lui Arhimede). Pentru ușurarea prelucrării, sînt prevăzute cuțite cu tăișuri exterioare și cuțite cu tăișuri interioare.



Prelucrarea roții și pinionului se execută: 1) ambele pe aceeași mașină-Gleason nr. 106, 116 sau nr. 108, 118 cu capete cu 16 cuțite cu ciclu de degroșare și ciclu de finisare sau capete cu 18 cuțite, dintr-o singură trecere (dantură Cyclex); 528 (URSS), Modul ZFTKK — 500 × 10 K (dantură Kurvex), cu cap portcuțite dublu (fig. 2.197), caz în care unul prelucrează un flanc iar celălalt alt flanc al golului roții; 2) roată prelucrată separat, pentru diferențialele auto, (profilul este apropiat de profilul roții plane-trapezoidal), danturarea făcîndu-se fără rulare, pe mașina Gleason nr. 112, într-un ciclu (Single-Cycle) dantură Formate, sau pe mașinile sovietice 5255 și 5255 A și Modul ZFTKK — (ultimele sînt de construcție mai simplă, fără lanț cinematic de rulare), iar pinionul

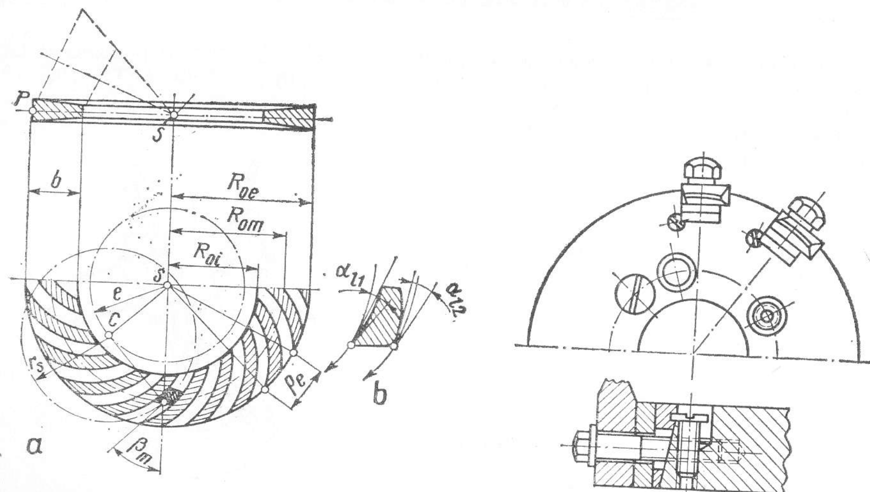


Fig. 12.194. Roată plană pentru dantură în arc de cerc.

Fig. 12.195. Cap portcuțit Gleason

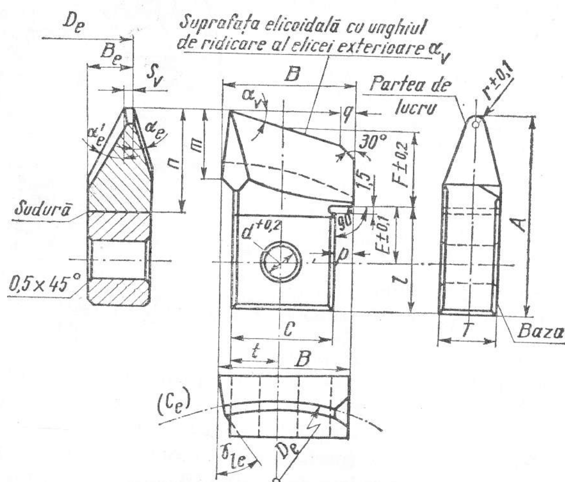


Fig. 12.196. Cuțit pentru dantura în arc de cerc (exterior)

prelucrat separat, prin rulare. Literatura de specialitate [7, p. 530—532] [8, p. 286—289] dă schema structurală a mașinii-unelte. Timpul de bază, $t_b = \tau z_1/60$ [min], în care τ este timpul de prelucrare a unui dinte, stabilit prin reglarea cinematică a mașinii-unelte.

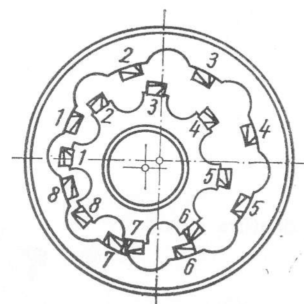


Fig. 12.197. Cap portcuțite dublu (Kurvex)

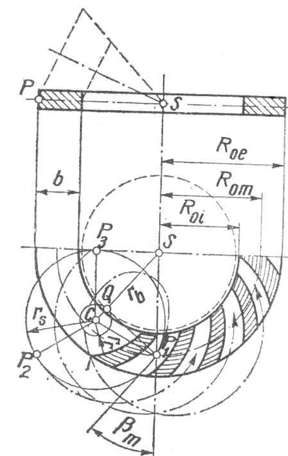


Fig. 12.198. Roata plană pentru dantură eloidă.

12.2.14.2. DANTURĂ ELOIDĂ (PROCEDEUL MAMMANO). Roata plană are ca directoare (forma dintelui) o epicicloidă alungită (fig. 12.198) sau hipocicloidă alungită, materializată de un cap portcuțite (fig. 12.199), care rulează solidar cu cercul de rază r_r, pe cercul de bază cu raza r_b. Capul portcuțite are 3—11 grupe de cîte trei cuțite (sau 2,4 și chiar 5), reprezentate schematic prin punctele $P_i = _{1,2,3}$ ... Fiecare grupă de cuțite prelucrează cîte un gol al danturii roții conice. În cazul unei grupe de exemplu de 3 cuțite, unul este de degroșare, iar celelalte sînt de finisarea celor două flancuri ale golului. Prelucrarea se face pe mașina Spiromatic nr. 1 sau 2 [7, p. 540—542], produsă de firma Oerlikon (Elveția). Se pot prelucra roți conice cu diametrul exterior de ~ 350 mm repectiv 580 mm și module maxim 10 mm respectiv 13,6 mm. Forma cuțitelor este dată în fig. 12.200.

12.2.14.3. DANTURĂ SPIROIDĂ (PROCEDEU MAMMANO). Procedeul se deosebește, față de cel anterior, prin faptul că cercul rostogolitor r_r este foarte mic în raport cu cercul de bază de rază r_b în plus, capul portcuțite are o singură grupă de cuțite (18 sau 24), care prelucrează toate un gol al danturii roții conice (fig. 12.201 [7]). Cuțitele sînt așezate aproximativ după o spirală și au forma din figura 12.202. Prelucrarea se face pe o mașină italiană Fiat DIS-400 [7, p. 542-544].

12.2.14.4. DANTURA CICLO-PALOIDĂ. Roata plană are ca directoare două epicicloide alungite (pentru cele două flancuri ale dintelui roții plane, fig. 12.203): flancul convex (interior) este generat de cercul C_1, iar flancul concav (exterior) — de cercul C_2, care rulează pe cercurile de bază cu razele r_{b_1} respectiv r_{b_2}. Distanța dintre centrele C_1 și C_2 constituie excentricitatea E (reglabilă). Dintele roții plane este materia-

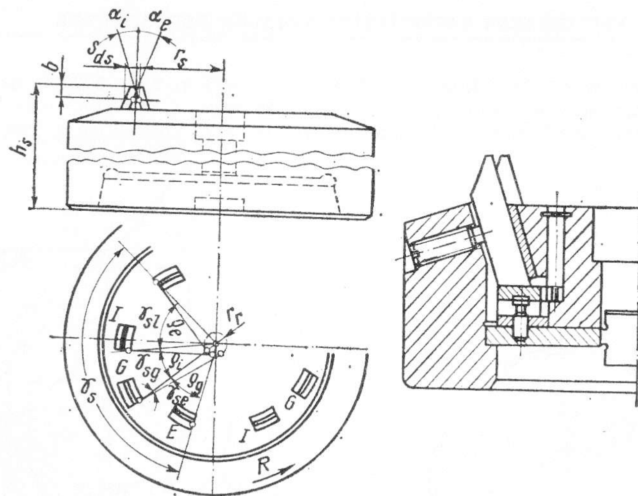


Fig. 12.199. Cap portcuțite pentru dantura eloidă.

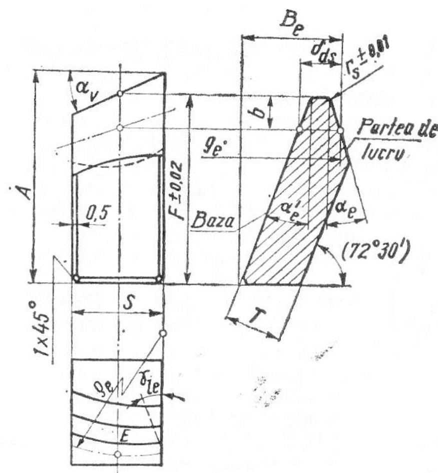


Fig. 12.200. Cuțit pentru dantura eloidă (exterior)

lizat de două capete portcuțite (fig. 12.204), așezate la excentricitatea E; unul din capete se rotește față de celălalt, printr-un mecanism excentric. O grupă de cuțite este formată

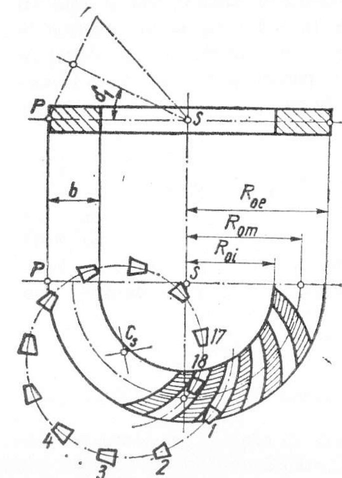


Fig. 12.201. Prelucrarea danturii spiroide

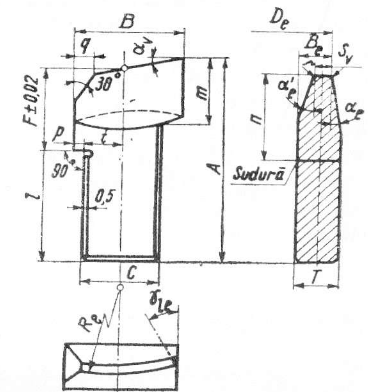


Fig. 12.202. Cuțit pentru dantura spiroidă exterior)

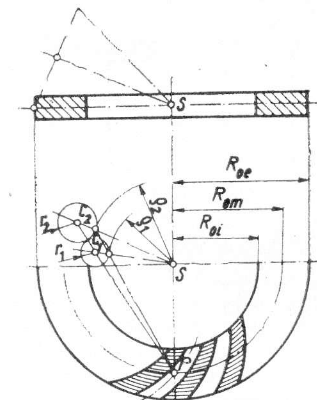


Fig. 12.203. Roata plană pentru dantura ciclo-paliodă

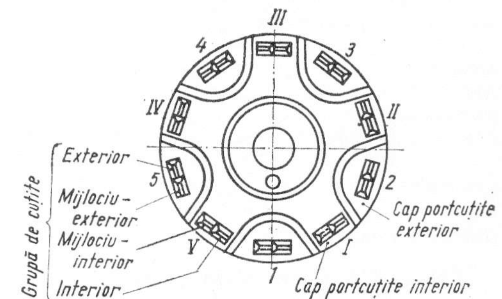


Fig. 12.204. Cap portcuțite pentru dantura ciclo-paliodă.

din 4 cuțite: exterior, mijlociu-exterior (ambele fixate în capul exterior cu centrul în C_2), mijlociu-interior, interior (ambele fixate în capul interior, cu centrul în C_1); cuțitele mijlociu-exterior și mijlociu-interior sînt de degroșare, iar cele exterior și interior — de

finisare. Degroşarea roţii dinţate se face, în general, cu avans de pătrundere; iar finisarea, cu avans de rulare. Danturarea se face pe maşinile Klingelnberg AMKU 630 şi 250. În cazul danturii pentru mecanică fină, cu modul pînă la 1,5 mm, capul portcuţite este prevăzut cu cuţite profilate-disc, care, datorită existenţei unghiului de degajare $\gamma \neq 0$, vor avea un profil curbiliniu, în loc de rectiliniu, pentru a anula erorile hiperbolice care intervin. Literatura de specialitate dă schema structurală a maşinilor [7, p. 544—546]

12.2.14.5. DANTURA EPISINOIDĂ. Roata plană are ca directoare (forma dintelui) o sinusoidă de amplitudine 2γ trasată pe cercul R_{om} şi deformată printr-o mişcare oscilatorie a roţii plane (fig. 12.205 [7]), obţinută din compunerea a două mişcări sinusoidale: v_{BM} (după direcţia PT, înclinată la unghiul φ) şi v_E (tangentă la cercul R_{om}). Prelucrarea se face pe maşina sovietică 5284 [7, p. 534—537], cu ajutorul unui cuţit, care prelucrează dinte cu dinte dantura roţii conice, prin divizare.

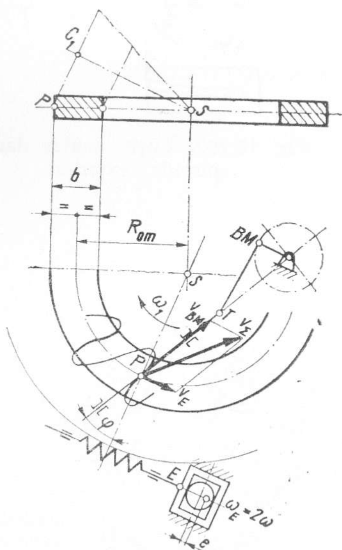


Fig. 12.205. Roata plană pentru dantura episinoidă.

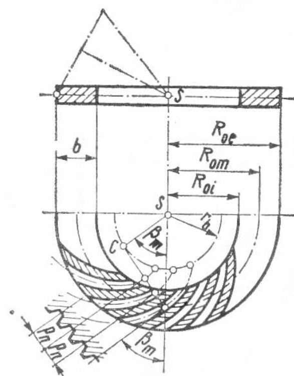


Fig. 12.206. Roata plană pentru dantura paloidă.

12.2.14.6. DANTURĂ PALOIDĂ (PROCEDEUL PREISS-SCHLICHT). Flancurile dinţilor roţii plane generatoare sînt evolvente, obţinute prin rostogolire pe cercul de bază, de rază r_b, a unei cremaliere (fig. 12.206). Materializarea cremalierei se face printr-o freză-melc conică (fig. 12.207), după schema dată în figura 12.208. Grosimea dinţilor

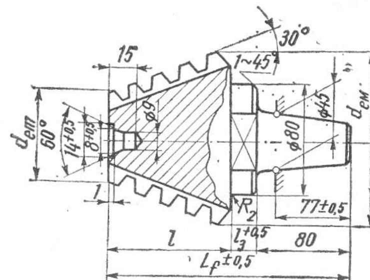


Fig. 12.207. Freză-melc conică.

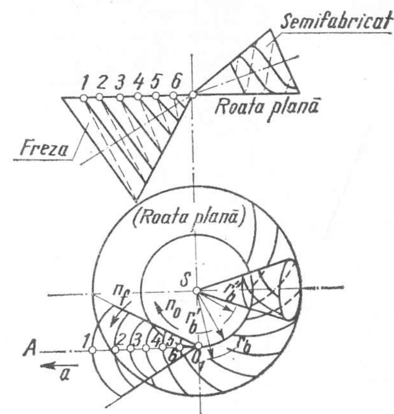


Fig. 12.208. Materializarea roţii plane.

frezei, măsurată pe dreapta de divizare, în general nu este constantă — pentru a compensa reglarea necorespunzătoare. Danturarea se face pe maşina Klingelnberg AFK 153, 203 [7, p. 537—540)].

12.2.15. PRELUCRAREA PROFILELOR NEEVOLVENTICE PRIN METODA RULĂRII

În cazul fabricaţiei în serie mare, unele piese cu profiluri neevolventice, de exemplu arborii canelaţi, piesc poligonale, roţi cu diferite profile, came etc., pot fi prelucrate prin rulare (fig. 12.209), cu freze-melc, cu cuţite-roată sau cu cuţite înfăşurătoare, pentru strunjire. Metoda dă: productivitate şi precizie mari, identitate a profilelor pieselor. La baza prelucrării stă înfăşurarea reciprocă a profilelor sculei şi piesei, în urma rulării, fără alunecare, a centroidei sculei pe centroida semifabricatului (fig. 12.210 [56]), rularea celor două centroide imaginare fiind asigurată de cinematica maşinii-unelte. În afară de mişcarea de înfăşurare, este necesar să existe mişcarea de aşchiere, care se asigură prin mişcarea sculei (de exemplu rotirea frezei-melc, deplasarea cuţitului-roată etc.) sau mişcarea semifabricatului (de exemplu la prelucrarea cu cuţitul înfăşurător).

Literatura de specialitate [42, p. 553—562] dă indicaţii în legătură cu proiectarea frezelor melc pentru arbori canelaţi.

Timpul de bază, pentru prelucrarea arborilor canelaţi cu freza-melc sau cu cuţitul-roată, se calculează ca şi pentru roţile dinţate cilindrice.

12.2.16. RECTIFICAREA

12.2.16.1. SCULE ABRAZIVE. Discurile abrazive sînt constituite din granule abrazive, liant şi pori (fig. 12.211).

Granulele abrazive se caracterizează prin: natura chimică, mărimea granulei (granulaţie), duritatea (7 ... 9 după Mohs- pentru abrazivi naturali, 9 ... 10 — pentru abrazivi

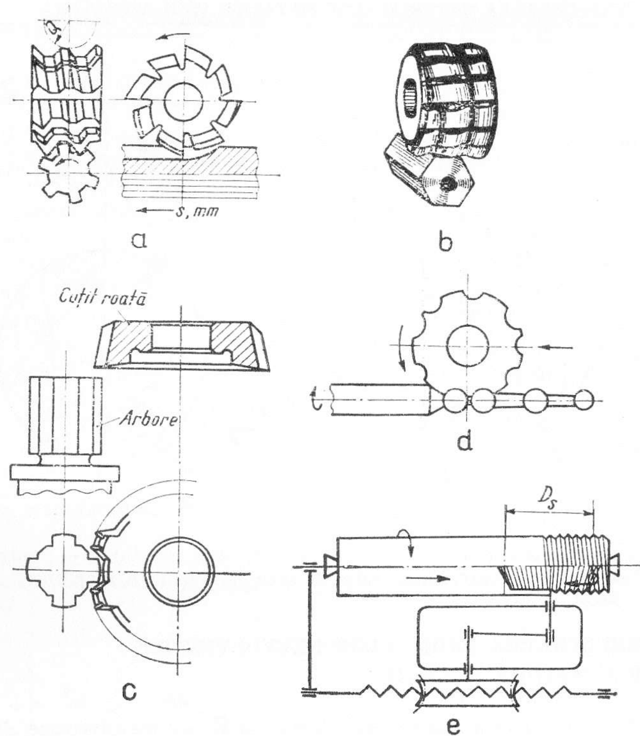


Fig. 12.209. Prelucrarea prin rulare a profilelor neevolventice

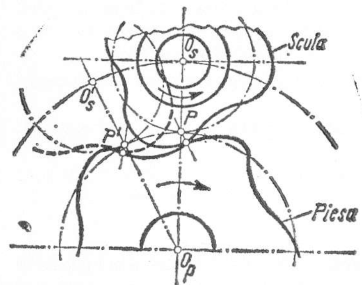


Fig. 12.210. Principiul prelucrării prin rulare (I. I. Semencenko ș.a.)

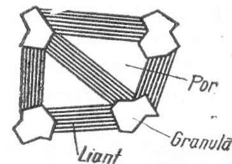


Fig. 12.211. Elementele corpului abraziv

sintetici) și capacitate abrazivă. În tabelul 12.83, se dă clasificarea materialelor abrazive după natura chimică a acestora (STAS 1469-68). *Dimensiunile granulei*: lungimea l, lățimea b, înălțimea h, în care $l > b > h$, ale unui paralelipiped circumscris granulei; mărimea granulei abrazive este caracterizată convențional prin lățimea b, în microni. În ceea ce privește *granulația*, aceasta reprezintă conținutul în granule de diferite mărimi, exprimat în procente de greutate (compoziția granulometrică); după dimensiuni, granulațiile se împart în trei grupe (STAS 1753-60): granule (2500 ... 160 μm), pulberi (160 ... 40 μm), micropulberi (40 ... 3 μm). Fiecare grupă se caracterizează prin compoziția granulometrică (în %), după cinci fracțiuni: fracțiunea limită, fracțiunea mare, fracțiunea principală, fracțiunea complexă, fracțiunea măruntă. Fracțiunea principală este aceea care dă notarea granulației: granule cu granulație 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16; pulberi cu granulație 12, 10, 8, 6, 5, 4; micropulberi (cu litera M) M40, M28, M20, M14, M10, M7, M5. Notarea granulațiilor pentru granule și pulberi reprezintă, în sistemul metric, numărul de 0,01 mm pe care îl au dimensiunile granulelor sau pulberilor (respectiv mărimea deschiderii libere a ochiului sitei, în microni, care reține granulele sau pulberile), iar în sistemul în țoli notarea granulației se face prin numărul de ochiuri pe țol liniar al sitei care reține granulele sau pulberile. Notarea granulației micropulberilor se face considerînd dimensiunea maximă a micropulberii în microni. *Capacitatea abrazivă* reprezintă proprietatea pe care o au diversele materiale abrazive de a prelucra diferit același material.

Tabelul 12.83

Clasificarea materialelor abrazive după natura chimică (STAS 1469–68)

Natura chimică	Materiale abrazive	
	Naturale	Sintetice
Bogate în alumină	Șmirghel (emeri), Corindon (safir, rubin), Granat	*Corindon sintetic* sau electrocorindon (denumit comercial electrocorund), electrorubin, alundum, abrazit etc.
Silicoși puri	Cuarț, Cremene (flint), Gresie, Tripoli	Sticlă
	Piatră ponce	
Cu conținut de carbon sau carburi	Diamant	*Carbură de siliciu* (denumită comercial și carborundum), carboxită etc. Carbură de bor, Diamant

Observație. Electrocorindonul poate fi: normal (E), nobil sau alb (veral) (En); carbura de siliciu: carbură de siliciu neagră (Cn), carbură de siliciu verde (Cv.)

Liantul asigură coeziunea granulelor abrazive (tabelul 12.84). Cel mai utilizat (80%) este liantul ceramic (păstrează profilul corpului abraziv și suportă bine umiditatea; dezavantaj: fragilitatea). Liantul pe bază de magneziu are o utilizare limitată (rezis-

Tabelul 12.84

Clasificarea lianților, după natura acestora (STAS 1469-68)

Grupa	Subgrupa	Caracteristicile liantului
Anorganici	Ceramici (*C*)	Amestec de argilă, feldspați, cuarț și caolin, ars la 1200 – 1300°C
	Minerali: silicioși	Silicați fluizi, care se întăresc la 200°C
	Minerali: magnezieni (*M*)	Oxiclorură de magneziu (ciment Sorel)
Organici	Lacuri	Șerlac
	Rășini sintetice	Bachelita (*B*)
	Pe bază de cauciuc: natural	Cauciuc natural
	Pe bază de cauciuc: sintetic	Cauciuc sintetic
		Cauciuc vulcanizabil (V)

Tabelul 12.85

Grupe și grade de duritate (STAS 1469-68 completat)

Grupa de duritate	Foarte moale	Moale	Mijlocie	Tare	Foarte tare	Extra tare
Gradu de duritate	*E*; *F*; G	H; I; J; K	*L*; M; *N*; O	P; Q; R; *S*	*T*; *U*; *V*; *W*	*X*, *Y*, *Z*

Observație. Fiecare literă reprezintă o duritate mai mare decît litera precedentă.

Tabelul 12.86

Structura discurilor abrazive (STAS 1469-68, completat)

Structura	Foarte deasă		Deasă		Cu desime mijlocie			Rară		Foarte rară		Poroasă		Superporoasă							
Simbolul	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Volum% granule	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28	26	24	22

tență relativ mică, sensibilitate la umiditate); viteză periferică inferioară liantului ceramic. Liantul pe bază de bachelită este rezistent, elastic, dar se distruge sub acțiunea lichidelor de așchiere alcaline; se utilizează la finisare, rectificarea sculelor cu multe tăișuri etc. Liantul de bază de cauciuc este compact și are elasticitate mare; se utilizează la lustruire, netezire, tăiere (de exemplu la tăierea filierelor); se pot confecționa discuri subțiri (0,5 mm) și de diametru relativ mare (125 ... 150 mm); nu este atacat de umiditate, dar se îmbîcsește repede; viteza de așchiere este aceeași ca la cele cu liant de bachelită.

Porii au rolul de a ușura evacuarea așchiilor și a granulelor abrazive, uzate.

Parametrii de bază care determină proprietățile corpurilor abrazive: forma și dimensiunile, natura materialului abraziv, granulația acestuia, natura liantului, duritatea corpului abraziv, structura acestuia.

Duritatea corpului abraziv și rezistența complexului abraziv-liant la tendința de desprindere a granulelor abrazive de pe suprafața corpului, sub influența eforturilor exterioare născute în timpul lucrului sînt date în (STAS 1469-68). Se observă că duritatea apare ca un parametru funcțional, care depinde de o serie de factori: cantitatea și calitatea liantului, forma și microgeometria granulelor, regimul de așchiere, materialul prelucrat, felul rectificării, mărimea suprafeței de contact, calitatea regenerării suprafeței așchietoare, puterea disponibilă, natura și debitul lichidului de așchiere, starea mașinii-unelte și calificarea muncitorului etc. În practică, se consideră metode de determinarea durității, apropiate de duritatea statică, după care corpurile abrazive sînt împărțite în cinci grupe de duritate, fiecare avînd 3 ... 4 grade de duritate (scara Norton), fără a se specifica condițiile în care trebuie considerate (tabelul 12.85, după STAS 1469-68, completat cu gradele *W*,*X*,*Y*,*Z*).

Structura corpului abraziv. Raportul cantitativ dintre volumul granulelor abrazive, al liantului și al porilor pe unitate de volum, se simbolizează prin cifre (tabelul 12.86, după STAS 1469-68, completat). Fiecare cifră corespunde unui anumit volum de granule în % (de exemplu cifra 6 corespunde la 50% volum granule; restul cifrelor merg din 2 în 2%, scăzînd de la structura 0 spre structura 20). În rectificarea plană și rectificarea interioară, unde așchiile au tendința de a rămîne între piesă și corpul abraziv, se alege structura deschisă (8 ... 12); la rectificarea cilindrică, mai ales cînd trebuie menținut un profil sau un unghi, se alege corp abraziv cu structură mijlocie (5 ...6); pentru lucrările care cer o presiune mare de lucru, ca de exemplu debavurare, se merge către structurile strînse (5 și mai puțin)[69]. Pentru prelucrări speciale, sau pentru cazurile cînd nu se pot utiliza fluide de așchiere, se utilizează corpuri abrazive superporoase [74].

În fig. 12.212, sînt date corpurile abrazive standardizate.

De asemenea, sînt standardizate: hîrtie pentru șlefuire uscată (STAS 1581-61), pînză pentru șlefuire uscată (STAS 1582-61).

12.2.16.2. OPERAȚII DE RECTIFICARE. Se deosebesc: rectificarea rotundă exterioară de trecere (fig. 12.213,*b*) sau prin pătrundere (fig. 12.213,*c*); rectificarea rotundă interioară (fig. 12.213,*d* sau *e*); rectificarea suprafețelor plane, pe mașina de rectificat rotund exterior (fig. 12.213,*f*) sau pe mașina de rectificat interior (fig. 12.213,*g*); rectificarea plană; cu periferia discului abraziv cilindric pe mașini-unelte cu masă dreptunghiulară (fig. 12.213,*h*), cu periferia discului abraziv cilindric pe mașini-unelte cu masă rotundă rotativă (fig. 12.213,*i*), cu partea frontală a discului abraziv în formă de oală pe mașini-unelte cu masă dreptunghiulară și ax vertical (fig. 12.213,*j*), cu partea frontală a discului din segmenți abrazivi pe mașini-unelte cu masă dreptunghiulară și ax vertical (fig. 12.213,*k*), cu partea frontală a discului abraziv pe mașini-unelte cu masă rotativă și ax vertical (fig. 12.213,*l*), cu partea frontală a discului abraziv cilindric (fig. 12.213,*m*); rectificarea rotundă fără vîrfuri, de trecere (fig. 12.214,*a*) sau prin pătrundere (fig. 12.214,*b*). În cazul rectificării fără vîrfuri, piesa se rotește între două discuri

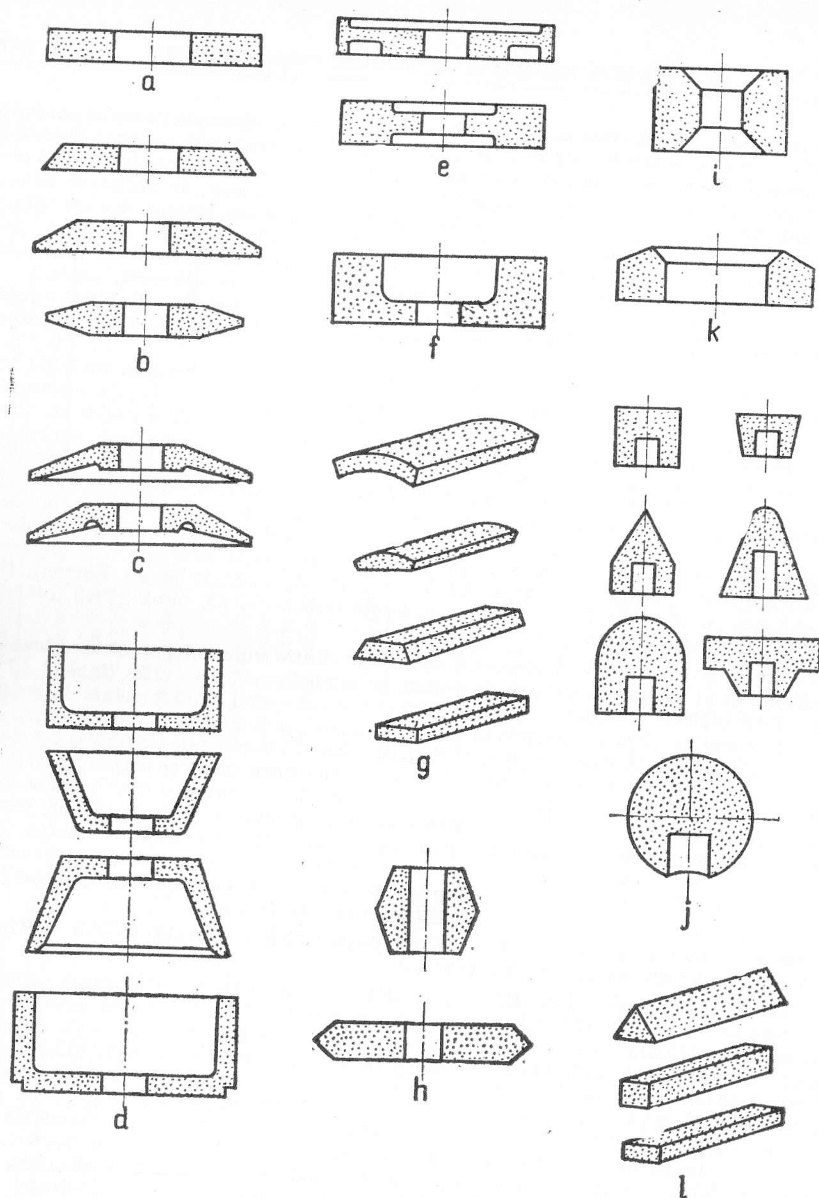


Fig. 12.212. Corpuri abrazive:

a — pietre cilindrice plane (STAS 601-63); *b* — pietre conice plane (STAS 603-59); *c* — pietre taler (STAS 604-59); *d* pietre oală (STAS 605-59; *e* — pietre cilindrice cu scobituri (STAS 606-59); *f* — pierte cilintrice cu degajare (STAS 607-59); *g* — pietre segmente (STAS 3639-62;) *h* — pietre bitroconice (STAS) 3818-53); *i* — pietre cilindrice cu dublă degajare conică (STAS 3819-53); *k* — pietre cilintrice cu taieturi şi degajare simplă (STAS 3825-53; *j* — pietre cu tija (STAS 5086-55); *l* — pietre pilă cu secţiune patrată, triunghiulară şi dreptunghiulară, (STAS 7284-65)

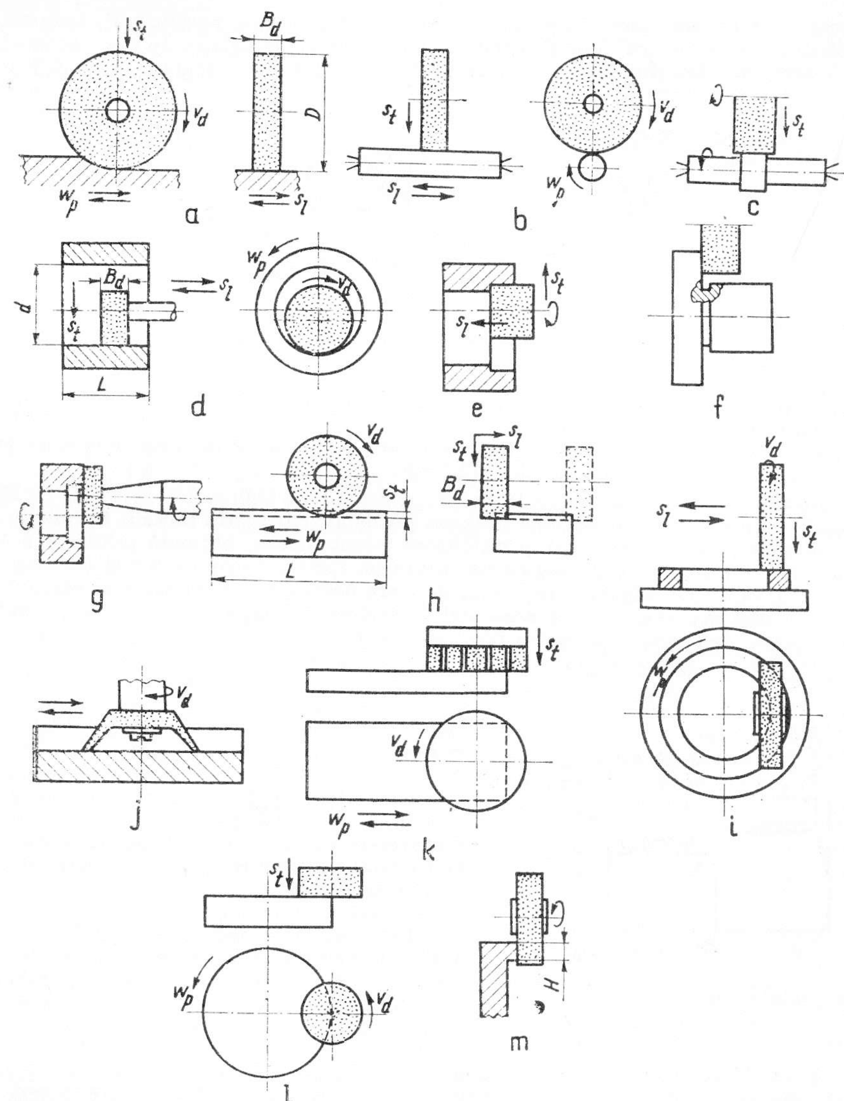


Fig. 12.213. Operaţii de rectificare [3]

abrazive, dintre care unul constituie elementul aşchietor (disc rectificator), iar celălalt (disc conducător) roteşte piesa şi îi transmite mişcarea de translaţie. În cazul rectificării de trecere, cînd axa discului conducător se află înclinată la un unghi $\alpha = 1 \ldots 4{,}5°$ faţă

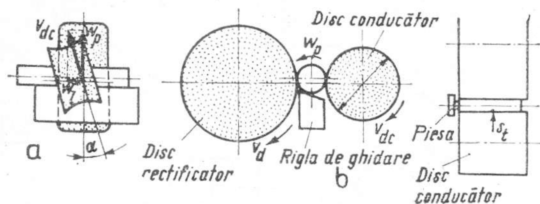


Fig. 12.214. Rectificarea fără vîrfuri

de axa discului rectificator, viteza periferică a discului conducător v_{dc} se descompune în două componente: viteza periferică teoretică a piesei w_p şi viteza teoretică de avans longitudinal w_l (fig. 12.214,*a*) sau numai roteşte piesa, cînd rectificarea se execută prin pătrundere, caz în care $\alpha = 0°$ (fig. 12.214,*b*).

Rectificarea unei piese are loc în trei etape (fig. 12.215 [33], p. 377—378 [24] p. 598: etapa 1 — crearea în sistem a unor strîngeri prealabile (strîngerea iniţială, în funcţie de dimensiunile piesei de prelucrat şi rigiditatea maşinii-unelte, obţinută printr-un avans transversal executat manual sau cu un mecanism special, într-un interval de timp de 0,05 min), în scopul asigurării regimului de lucru necesar etapei următoare; etapa 2 — ridicarea celei mai mari părţi a adaosului de prelucrare; etapa 3 — netezirea (se obţin dimensiunile definitive şi calitatea prescrisă), în care sistemul elastic revine în poziţia iniţială, iar strîngerea şi intensitatea rectificării se micşorează treptat.

12.2.16.3. PARAMETRII RECTIFICĂRII.

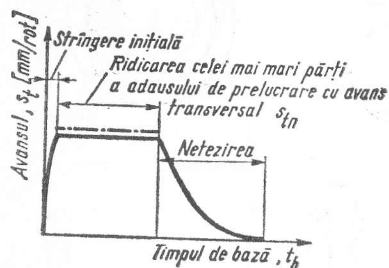


Fig. 12.215. Etapele operaţiei de rectificare [3] [24]

Rectificarea plană: viteza principală de aşchiere v_d, m/s (viteza periferică a discului) (fig. 12.213,*a*); viteza de avans a piesei w_p, m/min — viteza mişcării de translaţie a piesei; avansul longitudinal (perpendicular la viteza de avans a piesei) s_l, mm/cursă piesă sau disc; avansul transversal (în direcţie normală la suprafaţa prelucrată) s_t, mm/rot masă mm/cursă masă, mm/cursă dublă masă sau viteza de avans transversal w_t, mm/min.

Rectificarea rotundă (fig. 12.213,*b*,*c* e c.): viteza principală de aşchiere v_d, m/s; viteza de avans a piesei (avansul circular) w_p, m/min, avansul longitudinal s_l, mm/rot piesă, avansul transversal s_t, mm/rot piesă sau viteza de avans transversală w_t, mm/min.

Avansul longitudinal se raportează la lăţimea B_d a discului de rectificat: $s_B = s_l/B_d$; se ia [33]: $s_B = 2/3 \ldots 3/4$ pentru degroşare şi $s_B = 1/4 \ldots 1/2$ pentru finisare. Viteza de avans longitudinal $w_l = s_l n_p = s_B B_d n_p$[mm/min], în care n_p este turaţia piesei rot/min — pentru rectificarea rotundă, respectiv numărul de curse pe minut ale piesei sau turaţia mesei — în cazul rectificării plane.

Viteza periferică a piesei, w_p, ca şi pentru celelalte scule [22]: $w_p = 0{,}17\ D_p^{0,3} k_1 k_2 / (T^{0,5} s_t s_l)$ [m/min], în care k_1 şi k_2 depind de materialul prelucrat respectiv diametrul discului (tabelul 12.87). În general: $w_p = 20 \ldots 85$ m/min pentru degroşare şi $w_p = 15 \ldots 50$ m/min pentru finisare; viteza piesei w_p nu este esenţială, ci raportul v_d/w_p, în legătură cu parametrii aşchierii (tabelul 12.88 [33]). Pentru obţinerea unei fineţe mari, se ia v_d/w_p mare (pînă la 500). În ceea ce priveşte s_t, se ia 0,01 ... 0,07 mm/cursă dublă pentru degroşare şi 0,005 ... 0,02 mm/cursă dublă pentru finisare.

Tabelul 12.87

Valorile coeficienţilor k_1 şi k_2 [24]

T, min	k_1				k_2	
	Dd, mm				Materialul prelucrat	k_2
	400	500	600	750		
6	1,25	1,4	1,6	1,8	Oţel necălit	1,0
9	1,0	1,12	1,25	1,4	Oţel călit	0,95
15	0,8	0,90	1,0	1,12	Oţel refractar	0,85
24	0,63	0,71	0,8	0,9	Fontă	1,05

Tabelul 12.88

Valorile raportului V_d/W_p [33]

Materialul de prelucrat	Natura materialului abraziv	Granulaţia, duritatea şi raportul vitezelor				
		Rectificare rotundă	Rectificare plană cu periferia discului	Rectificare interioară	Rectificare plană cu segmenţi	Rectificare plană cu piatră oală
Oţel călit	Electro-corindon	25 *K* 125	50 *K* 80	50 *J* 80	80 *J* 50	80 *I* 50
Oţel necălit	Electro-corindon	25 *L* 125	50 *L* 80	50 *K* 80	80 *K* 50	80 *J* 50
Fontă	Carbură de siliciu	25 *L* 100	50 *L* 63	50 *K* 63	80 *K* 40	80 *J* 40
Cupru, alamă, bronz	Carbură de siliciu	25 *J* 80	50 *I* 50	50 *I* 50	80 *I* 32	80 *H* 32
Metale uşoare	Carbură de siliciu	25 *I* 50	50 *I* 32	50 *H* 32	80 *H* 20	80 *G* 20

Timpul de bază (tehnologic), $t_b = A/V$ [min], în care A este volumul de așchii de îndepărtat, mm^3; V — volumul de metal așchiat în uniate de timp, mm^3/min.

Rectificarea rotundă exterioară de trecere [3]: $V = C_v D_p^{0,75} h^{0,5}$ [mm^3/min], în care h este adaosul de prelucrare pe diametru, mm; C_v — din tabelul 12.89; $t_b = l_p hk/(2n_p s_l s_t)$ [min], în care l_p este lungimea suprafeței de prelucrat, mm; n_p — turația piesei, rot/min; s_t — avansul transversal pe o cursă simplă a mesei, mm/cursă; k — din [60, p. 108].

Tabelul 12.89

Valorile coeficientului C_v [3]

Felul rectificării	Tipul suprafeței care se prelucrează	Numărul de pătrunderi	Precizia de prelucrare: 5 ISA	6 ISA	8 ISA	10 ISA
			Coeficientul C_v			
Rectificare de trecere	Suprafață cilindrică sau conică	—	139	169	272	483
Rectificare prin pătrundere	Suprafață cilindrică	1	66	77,8	111	173
		2	44	51,8	74	115
		3	34,8	41	58,5	91,2
	Suprafață cilindrică cu o racordare	1	37	43,6	62,4	96,8
		2	25	29	41,5	64,3
		3	19,5	23	33,5	51,2
	Suprafață cilindrică cu două racordări	1	34,8	41	58,6	91
		2	23,2	27,4	39	60,7
		3	17,4	20,5	29,4	45,5

Rectificarea rotundă exterioară prin pătrundere [3]:
$V = C_v D_p^{0,34} l_p^{0,6} h^{0,5}$[mm^3/min], C_v — tabelul 2.89; $t_b = hk/(2n_p s_t)$ [min].

Rectificarea rotundă interioară [3]: $V = C_v D_p^q h^x$ [mm^3/min], în care C_v, q și x — din tabelul 12.90; $t_b = l_p hk/(n_p s_l s_t)$ [min], în care s_t este avansul transversal pe o cursă dublă a mesei, mm.

Rectificarea fără vîrfuri de trecere [3] : $V_l = C_v D_p^{0,3}/T^{0,5}$ [mm^3/min] pentru degroșare sau $w_l = C_s/(T^{0,5} D^{0,7} 2t)$ [mm/min], în care $C_s = C_v/1,57$ (se ia din tabelul 12.91). În general, pentru degroșare: w_l = 1 000 ... 2 500 mm/min; pentru semifinisare: w_l = 1 200 ... 1400 mm/min; pentru finisare: w_l = 1 000 — 2 000 mm/min. Timpul de bază, $t_b = (l_p q + B_d) ik/(w_l q)$ [min], în care q este numărul de piese din lot rectificate în flux continuu,

i — numărul de treceri realizat fără modificarea regimului de lucru, $w_l = 1\,000\, w_p \sin\alpha$ [mm/min], α — unghiul de înclinare al discului conducător. Viteză periferică a discului conducător: $v_{dc} = 1,05\, w_p$.

— Rectificarea fără vîrfuri prin pătrundere [3]: $t_b = C_t D_p^q l_p^x h^{0,75}/(1000\delta^y)$ [min]l în care δ este toleranța diametrului, $C_{t,q,x,y}$ — din tabelul 12.92.

Tabelul 12.90

Valorile coeficientului C_v [3]

Felul rectificării	q	x	Coeficientul C_v pentru precizia: 5 ISA	6 ISA	8 ISA	10 ISA
Suprafețe cilindrice și conice interioare, cu ieșirea discului	1,17	0,25	6,12	8,75	14,9	24,5
Idem fără ieșirea discului	1,17	0,25	2,46	3,85	7,0	13,2
			Toleranța dimensiunii, mm			
			0,1	0,2	0,4	0,8
Suprafețe frontale	1,00	0,25	12	14	16,8	20

Tabelul 12.91

Valorile coeficientului C_s [3]

Oțel: Discul abraziv	Oțel: C_s	Fontă: Discul abraziv	Fontă: C_s
40 M	18 500	40 *L*	24 000
40 O	15 700		
25 L	16 600		
25 P	15 200		

Tabelul 12.92

Valorile C_t, q, k, y [3]

D_p, mm	δ, mm	C_t	q	x	y
$\leqslant 40$	$\leqslant 0,05$	1,1	0,34	0,75	0,34
	$> 0,05$	0,755	0,34	0,75	0,65
> 40	$\leqslant 0,05$	0,256	0,87	0,75	0,34
	$> 0,05$	0,118	0,87	0,75	0,65

Rectificarea plană cu periferia discului abraziv, pe maşini cu masă dreptunghiulară sau rotundă [3]: $V = C_v h^z \delta^y / k_u^p$ [mm³/min], în care k_u este coeficientul de încărcare al mesei ($k_u = \Sigma A_{ef} / \Sigma A_{gab}$, ΣA_{ef} — suma ariilor tuturor suprafeţelor rectificate, ΣA_{gab} — suprafaţa de gabarit a mesei); C_v, z, y, p — tabelul 12.93.

Tabelul 12.93

Valorile C_v, z, y, p, g [3]

Felul rectificării	Tipul maşinii-unelte	C_v	z	y	p	g
Rectificare plană cu periferia discului abraziv, cînd $\delta \leqslant 0{,}12$	Cu masă dreptunghiulară	42 000	0,35	1,34	0,51	—
	Cu masă rotundă	12 175	0,35	0,70	0,51	—
Rectificare plană de degroşare cu partea frontală a discurilor din segmenţi abrazivi (pentru segmenţi: *E* 125 *I*)	Cu masă dreptunghiulară	8 380	—	—	—	0,47
	Cu masă rotundă	15 500	—	—	—	0,10

Rectificarea plană cu partea frontală a discului abraziv format din segmenţi, pe maşini cu masă dreptunghiulară sau rotundă [3] : $V = C_v B_r^q$ [mm³/min], în care B_r este lăţimea de rectificare redusă ($B_r = B_{gab} k_u = \Sigma A_{ef} / l_g$[mm], B_{gab} — lăţimea suprafeţei de aşezare a pieselor pe maşină, l_g — lăţimea suprafeţei pieselor care se rectifică concomitent), C_v şi g — tabelul 12.93.

Rectificarea plană cu partea frontală a discului abraziv cilindric pe maşină cu masă dreptunghiulară [3]: $V = 2\,800 H^{0{,}31} h^{0{,}35}$ [mm³/min], în care H este înălţimea suprafeţei ce se rectifică (fig. 12.213, *m*).

Rugozitatea suprafeţelor rectificate este influenţată de parametrii regimului de aşchiere, parametrii discului abraziv, durabilitatea discului, caracteristicile semifabricatului şi piesei finite. Micşorîndu-se avansul în direcţia de aşchiere w_p sau mărindu-se viteza de aşchiere v_d, densitatea zgîrieturilor de pe suprafaţa prelucrată va creşte şi ca urmare suprafaţa va rezulta mai netedă. Aceleaşi lucru se întîmplă cu direcţie longitudinală: dacă se ia lăţimea discului $B_d > s_l$, netezimea suprafeţei creşte. Ca urmare, mărimea avansului longitudinal va influenţa asupra creşterii microneregularităţilor. În acelaşi sens influenţează şi avansul transversal. În general, rugozitatea obţinută este de ordinul: $R_a = 0{,}63$ µm pentru rectificarea rotundă exterioară de trecere, $R_a = 0{,}63 \ldots 0{,}32$ µm pentru rectificarea rotundă exterioară de pătrundere, $R_a = 2{,}5 \ldots 1{,}25$ µm pentru rectificarea interioară $R_a = 0{,}32$ µm pentru rectificarea fără vîrfuri la piese călite şi $R_a = 0{,}63$ µm la piese necălite.

Calitatea fizică a suprafeţei prelucrate este o altă problemă, care se ridică în cazul rectificării. Datorită faptului că raza de ascuţire ρ a granulei abrazive este de acelaşi ordin de mărime cu grosimea aşchiei ridicate, se produce o ecruisare puternică a materialului, apărînd în stratul superficial (pe o adîncime de 5 ... 25 µm) tensiuni interne. Datorită căldurii instantanee şi locale, temperatura stratului superficial depăşeşte mult

temperatura de transformare structurală a materialului rectificat. Fenomenul se produce cu viteze foarte mari, atît la încălzire, cît şi la răcire. În locul structurii, de exemplu, martensitice a oţelului călit, se observă după rectificare, în stratul superficial lucrat, structuri intermediare (sorbită, troostită), care au calităţi mecanice şi rezistenţă la uzură inferioare structurii iniţiale.

Precizia obţinută la rectificare este 5—6 ISA.

În figura 12.216, se dau forţele care apar în cazul rectificării rotunde de trecere. Datorită razei de ascuţire ρ de acelaşi ordin de mărime cu aşchia, forţa preponderentă este F_y, care este de 1,5 ... 3 ori mai mare decît F_z. Valoarea lui F_z [26]: $F_z = C_p w_p^{0{,}7} s_l^{0{,}7} s_t^{0{,}7}$ [daN], în care $C_F = 2{,}2$ pentru oţel călit, $C_F = 2{,}1$ pentru oţel necălit, $C_F = 2{,}0$ pentru fontă. Puterea necesară rectificării: $P = F_z v_d / 102$ [kW]. Mai comod, se poate utiliza energia specifică de rectificare[1] $e = F_z v_d / V$ [daN. cm/cm³], în care valorile lui e sînt date în tabelul 12.94.

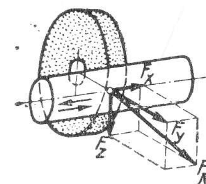


Fig. 12.216. Jocul de forţe la rectificare

În figura 12.217, se dă schema influenţei condiţiilor de aşchiere, asupra procesului de rectificare, după J. Peklenik.

12.2.16.4. UTILIZAREA CORPURILOR ABRAZIVE. La alegerea discului abraziv, trebuie ca parametrii acestuia şi condiţiile de aşchiere să fie astfel intercondiţionate, încît discul să lucreze în domeniul autoascuţirii [18, v. II, p. 658], adică granulele uzate să fie rupte sau desprinse din liant de forţele de aşchiere. Cu cît este mai mare şi mai uniformă capacitatea de autoascuţire a discului, în condiţiile alese, cu atît durabilitatea acestuia va fi mai mare, iar productivitatea mai ridicată şi consumul de corp abraziv mai mic. În afara tocirii granulelor, poate interveni şi îmbîcsirea (chiar atunci cînd gra-

Tabelul 12.94

Valorile energiei specifice de rectificare (M. C. Shaw)

Materialul prelucrat	Duritatea, *HB*	*e*, daN · cm/cm³	
		I	II
Aluminiu moale	80	35 . 10⁴	10,5 . 10⁴
Aluminiu dur	150	35 . 10⁴	7 . 10⁴
Fontă	215	63 . 10⁴	11,9 . 10⁴
Oţel carbon de construcţie	110	70 . 10⁴	14 . 10⁴
Oţel carbon de scule, moale	240	70 . 10⁴	12,6 . 10⁴
Oţel carbon de scule, dur	530	70 . 10⁴	13,3 . 10⁴
Oţel rapid	700	84 . 10⁴	17,5 . 10⁴
Oţel inoxidabil	185	84 . 10⁴	15,4 . 10⁴
Oţel refractar	340	84 . 10⁴	14 . 10⁴
Aliaj cu titan	295	56 . 10⁴	16,1 . 10⁴

Observaţie. I — rectificare cu aşchii mici (rectificări normale: plană cu ax orizontal, rotundă); II — rectificare cu aşchii mari (retezare abrazivă, plană cu ax vertical etc.).

[1] *M. C. Shaw:* **How to Estimate Grinding Forces and Power.** În Machinery, martie 1968.

nulele sînt ascuţite), care se produce datorită pătrunderii aşchiilor în porii discului abraziv, de exemplu la prelucrarea unor materiale fragile ca: fonta, oţelurile speciale etc. În cazul prelucrării materialelor tenace (aluminiu, cupru, aliaje refractare etc.), aşchiile aderă uşor la granulele abrazive, micşorîndu-se capacitatea de aşchiere — fiind necesar să fie îndepărtate prin rectificarea discului.

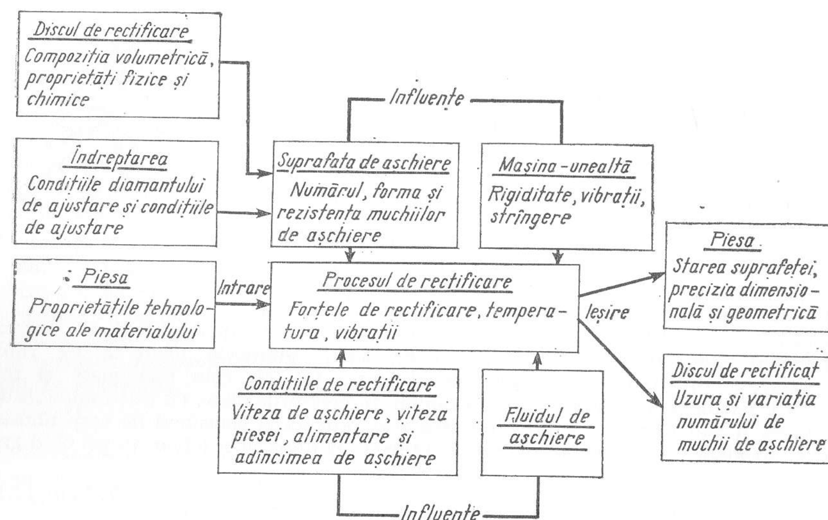


Fig. 12.217. Influenţa condiţiilor asupra rectificării (Peklenik)

Este greu să se dea indicaţii definitive în legătură cu alegerea unui disc şi a condiţiilor de abrazare, datorită existenţei numărului mare de parametrii. Iată de ce, indicaţiile din tabelul 12.88, precum şi ale firmelor furnizoare [74] [69] [70] constitue doar puncte de plecare, de care trebuie să se ţină seamă la alegerea unui disc pentru o prelucrare nouă, urmînd apoi să se facă corecţiile necesare. Cîteva observaţii:

a. Alegerea naturii materialului abraziv: electrocorindon — pentru oţel obişnuit şi special, fontă maleabilă (după recoacere), bronz dur; carburi de siliciu — pentru materiale dure şi casante, materiale cu rezistenţă mică (fontă sau fontă maleabilă înainte de recoacere, bronz moale, alamă, aluminiu, marmoră, granit, sticlă, cauciuc, carburi metalice).

b. Alegerea liantului [47]: ceramic — rectificare umedă; silicos — piese cu muchii, cu pereţi subţiri; magnezian: materiale moi (Al, Zn); bachelitic — debitare, rectificare plană, degroşare, ascuţire scule; şelac şi cauciuc — rectificare fină, lustruire.

c. Alegerea granulaţiei: granulaţie mare — degroşare, materiale moi şi plastice (cu aşchii de curgere, care necesită un spaţiu mare), arc de contact mare (lungimea aşchiilor mare), aria suprafeţei de contact mare, carburi metalice (excepţie); granulaţie fină — finisare, materiale dure şi casante (cu aşchii mici — spaţiu necesar mic), lungimea aşchiilor scurtă ($D_p \ll D_d$), cînd se urmăreşte o încălzire mai mică.

d. Alegerea durităţii: duritate mai mare — pentru materiale moi, oţeluri necălite, rectificare cilindrică exterioară, aria suprafeţei de contact mică, lungimea aşchiilor scurtă, presiune de contact mare, adîncimea de trecere mare, D_d şi D_p mic, v_d inferioară vitezei normale, w_p mare, motor de antrenare puternic, fluid de aşchiere cu proprietăţi lubrifiante, presiunea şi debitul lichidului mari, rigiditate scăzută a maşinii-unelte, vibraţii, arbore portdisc pe rulmenţi, duritate mai mică — materiale dure, oţel, călit, oţel fragil, materiale sensibile la încălzire, rectificare plană, lungimea aşchiilor lungă, aria suprafeţei de contact mare, presiunea de lucru mică, adîncimea de aşchiere mică, w_p mic, maşini rigide, D_d şi D_p mari, fluide de aşchiere fără proprietăţi lubrefiante.

e. Un disc se comportă în acţiune mai moale, cînd: aria suprafeţei de contact scade, v_d este inferioară vitezei normale de utilizare, w_p creşte, există vibraţii, D_d mic, D_p mic, se măreşte adîncimea de trecere, se utilizează un motor de antrenare puternic, se îndreaptă grosolan discul, se micşorează raportul v_d/w_p; şi invers.

f. Structura [47]: 2...3 pentru materiale casante, profile complicate; 5...6 rectificarea interioară a oţelului; 6...7 metale moi, oţeluri tenace; 7...9 metale dure; 8...9 degroşare grosolană, fontă cenuşie.

g. Viteza de aşchiere v_d: 33 m/s pentru disc ceramic dur, 25 m/s pentru disc ceramic moale, 30...50 m/s pentru liant de bachelită, 65 m/s pentru disc armat, 80 m/s pentru discuri de debitare. În nici un caz nu se va depăşi viteza prescrisă pe disc.

h. Influenţa operatorului: cunoaşte maşina-unealtă, simte adîncimea de trecere optimă şi ştie momentul cînd discul trebuie îndreptat, se acomodează cu un disc mai dur (dar rezultă necesitatea de a dispune de putere suplimentară la motorul de antrenare), ceea ce face ca preţul de revenire să scadă.

De mare importanţă este respectarea regulilor pentru asigurarea securităţii în exploatare (STAS 6177-60), care cuprinde: vitezele periferice de lucru, verificarea şi încercarea corpurilor abrazive, montarea corpurilor abrazive, carcase de protecţie, suporturi pentru piese, reguli generale de exploatare.

12.2.17. PRELUCRAREA FINĂ PRIN AŞCHIERE

Constă din îmbunătăţirea preciziei dimensionale (cel puţin precizia ISA 7, după VDI 3220 Ed. 1960), preciziei de formă şi poziţie (maxim 30% IT 7) şi netezimii suprafeţei (maxim 40% IT 7).

Strunjirea fină [18, v. II] se execută cu cuţite de diamant, mai ales pentru aliaje de aluminiu, aliaje de magneziu, aliaje de siliciu şi aluminiu; cu carburi metalice P10, P01 pentru oţel, K20 pentru fontă şi aliaje neferoase, K30 pentru alamă şi compoziţie de lagăre; viteza de aşchiere, des limitată de maşină, $v = 120...300$ m/min pentru carburi metalice şi $v = 2000...3000$ m/min pentru diamant; adîncimea de aşchiere, $t = 0,05...0,3$ mm; avansul, $s = 0,005...0,1$ mm/rot la degroşare pentru precizia IT 6 sau IT 7 cu un adaus de prelucrare de 0,040...0,3 mm; iar la finisare, IT 3; rugozitatea, la prelucrarea cu diamant, $R_{max} = 1...2,5$ µm şi cu carburi metalice $R_{max} = 2,5...10$ µm.

Găurirea fină cu bare portcuţite cu 1—2 tăişuri de finisare, cu prelucrare prealabilă, cu sculă reglabilă fin, prevăzută cu carburi metalice; pentru acest gen de operaţie, rămîn valabile datele precedente.

Frezarea fină se realizează cu capete de frezat pentru dimensiuni mici, cu 1—2 tăişuri, prevăzute cu carburi metalice; rugozitatea obţinută, $R_{max} \approx 4$ µm [18].

Rectificarea fină cu discuri de granulaţie fină şi duritate mare, $R_{max} = 0,2...0,3$ µm [33].

Răzuirea — § 12.2.5.

Rulare cu aşchiere [33] [17, p. 343—347] se execută cu scule disc sau prismatice (la prelucrarea manuală), din carbură de wolfram, pietre ceramice speciale sau pietre

de rectificat (pentru adaus de prelucrare mai mare), striate la periferie în genul pilelor, în general normal la direcţia de mişcare sau înclinat la 10...30° faţă de axa sculei, cu efect de răzuire; viteza de aşchiere, v = 2,5...3 m/s pentru carbură de W, v = 5...7 m/s pentru pietre de rectificat; adausul de prelucrare maxim 0,01...0,02 mm — pentru oţel necălit, alamă şi nichel, 0,005...0,01 mm — pentru oţel călit, 0,05...0,08 mm în cazul pietrelor ceramice; lichid: ulei din copite de bovine — pentru oţel călit, ulei solubil (apă de săpun) — pentru oţel necălit, 50% ulei de colza (vegetal) şi 50% petrol — pentru alamă; timpul de lucru, 0,5...40 s; piesa de sprijin confecţionată din carbură de W.

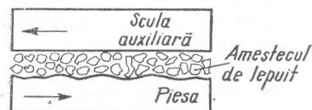


Fig. 12.218. Lepuire

Lepuirea [33] constă din aşchierea executată cu granule abrazive în suspensie, introduse între piesa de finisat şi scula auxiliară de lepuire (fig. 12.218). Pentru oţel moale şi tare, fontă, metale neferoase şi sticlă se utilizează carbură de siliciu şi se obţine o adîncime mai mare. De asemenea, se mai foloseşte electrocorindonul (adesea cel natural), cu granule de 5—50 μm, maxim 100 μm. La carburile metalice, lepuirea se face cu carbură de bor sau chiar cu pulbere de diamant; la materiale moi (alamă, bronz, aluminiu) — materiale de lepuit moi (piatră ponce). Ca fluide se folosesc: ulei, petrol sau amestecurile acestora. Materialul sculei auxiliare: fontă perlitică cu structură fină (HB 170—200), iar pentru scule mici, cupru, alamă şi oţel moale. Presiunea de lepuire: 0,1—3 daN/cm² (la presiune mică, se obţine o calitate mai bună); viteza: 10—100 m/min iar la prelucrări mai precise circa 30 m/min. Rugozitatea obţinută este: $R_z \approx 0,05$ μm.

Lepuirea cu jet [33] constă din împroşcarea mediului abraziv (suspensie în apă de carbură de siliciu şi electrocorindon, de granulaţie 6-M14; pentru curăţire — şi bile de sticlă, coaje de nucă etc.), cu aer comprimat (4—7 daN/cm² suprapresiune), asupra piesei. Ca mediu: volum de apă/volum de şlefuire = 7/1%. Înclinarea jetului: 30—50°. Rugozitatea obţinută, R_{max} = 5...6 μm pentru granulaţia 16 şi R_{max} = 0,8 . . . 1,5 μm pentru granulaţia 200. Timpul de lucru: 3 s pentru 1 cm² de suprafaţă lepuită.

Lepuirea prin tobuire constă din introducerea în tobă a piesei împreună cu amestecul de lepuit. Se obţine îmbunătăţirea calităţii, îndepărtarea bavurilor şi a urmelor de prelucrare.

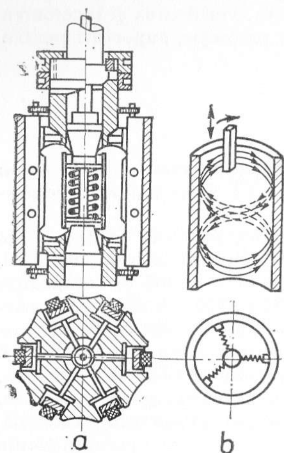


Fig. 12.219. Honuirea: *a*— honul; *b* — schema operaţiei

Honuirea [33] (fig. 12.219) constă din finisarea prin aşchiere a unei suprafeţe, cu ajutorul honului (sculă cu bare abrazive, montate extensibil) — care efectuează o mişcare elicoidală. Se măreşte precizia dimensională (IT 3 . . . IT 4), precizia de formă, netezimea suprafeţei (R_{max} = 1 . . . 2 μm). Scula: bare din electrocorund (pentru oţel, alamă, bronz, aluminiu, materiale sintetice), carbură de siliciu (pentru fontă), pentru cazuri speciale — diamant. Granulaţia pentru honuire prealabilă este de 16...4, pentru finisare M28-M7; liant: ceramic sau bachelită; duritatea K...P (cu cît materialul prelucrat este mai dur, cu atît se alege un grad de duritate mai moale). Presiunea: la prelucrarea prealabilă, 10...15 daN/cm² pentru oţel călit şi 2...8 daN/cm² pentru oţel necălit; la finisare, presi-

unea este mai mică. Fluid: amestec petrol-ulei în cantitate mare (necesar la filtrare şi eventual la răcire); în cazuri speciale honuirea se execută uscat. Adausul de prelucrare: 0,01...0,2 mm. Mişcarea de rotaţie, v = 10...35 m/min; mişcarea axială w_{ax} = 5...15 m/min (valorile mai mici pentru oţel călit); unghiul de încrucişare a urmelor sculei, 45—60°. Cursa honului: 1/3 din lungimea honului şi depăşeşte în ambele părţi suprafaţa honuită. Avansul în adîncime, $s_t = V/(s_l v_d 10^3)$ [mm/rot], în care $s_l = 1000\, w_{ax}/n$ [mm/rot], n — turaţia [rot/min], $V = C_V D_p^{0,9}\, l_{act}$ [mm³/min] [3], l_{act} — lungimea suprafeţelor active lale baretelor de honuit, C_V — tabelul 12.95. Timpul de bază [3], $t_b = C_t D_p^{0,1} h$ [min] pentru $l_s > l_p$, $t_b = C_t D_p^{0,1} h\, l_p/l_s$ [min] pentru $l_s < l_p$, l_s — lungimea barelor, l_p — ungimea piesei, h — adausul de prelucrare, mm/diametru; C_t — din tabelul 12.95.

Tabelul 12.95

Valoarea coeficienţilor C_v şi C_t [3]

Precizia alezajului prelucrat	0,01	0,015	0,025	0,050	0,100
C_v	0,038	0,048	0,065	0,074	0,09
C_t	41	33	24	21	17,5

Supranetezirea (vibronetezirea) [33] constă din prelucrarea cu una sau mai multe bare abrazive, care efectuează mişcări rectilinii alternative rapide, combinate cu mişcări de avans axial, piesa executînd o mişcare lentă transversală pe direcţia comună a celorlalte mişcări (fig. 12.220). Rotirea piesei: ca la honuire; avansul longitudinal, de-a lungul axei, ceva mai mic decît la honuire (0,5...1,5 m/min pentru prelucrarea fără vîrfuri); mişcarea alternativă: 1000...2800 vibraţii/minut; amplitudinea vibraţiei: 2...6 mm. Granulaţia sculei, $M5$. Presiunea barelor: 1...5 da N/cm². Rugozitatea: R_{max} = 0,1...0,3 μm Timpul de bază [3], $t_b = C_t D^{0,9}$ [min] pentru $l_s > l_p$ şi $t_b = C_t D^{0,9}\, l_p/l_s$ [min] pentru $l_s < l_p$, în care C_t se ia din tabelul 12.96.

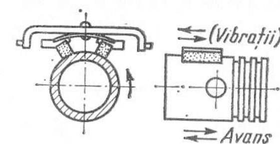


Fig. 12.220. Supranetezirea

Rodarea este prelucrarea prin aşchiere executată cu granule abrazive în suspensie, introduse între piesă şi piesa conjugată în mişcarea relativă, pentru îmbunătăţirea contactului efectiv dintre două suprafeţe, de exemplu între supape şi scaunul acestora. Adausul de prelucrare ~ 0,05 mm.

Tabelul 12.96

Valoarea coeficientului C_t [3]

Rugozitatea după suprafinisare	R_a = 0,16 μm	R_a = 0,08 μm
Rugozitatea înainte de suprafinisare	R = 0,32 μm	R = 0,4 μm
C_t	0,223	0,315

Polizarea este prelucrarea executată cu corpuri abrazive (în general discuri), prin care se obține curățirea suprafeței piesei, fără a se cere o precizie dimensională sau de netezime.

Lustruirea este prelucrarea executată cu pînze abrazive sau cu abrazivi în suspensie; se obține o suprafață cu aspect lucios, fără a impune respectarea unor condiții dimensionale. Timpul efectiv reprezintă timpul de bază inclusiv timpul de apropiere și îndepărtare a piesei de disc și controlul periodic al suprafeței prelucrate [3]: $T_{ef} = C_t l_p^{1,0} D_p^{0,75} h^{0,5} / R_a^{0,45}$ [min], în care l_p este lungimea piesei de prelucrat, mm; h — adausul de prelucrare, mm/diametru la suprafețe cilindrice și conice; R_a — abaterea medie aritmetică a profilului, µm; C_t — din tabelul 12.97.

Tabelul 12.97

Valoarea coeficientului C_t [3]

Forma suprafeței	Materialul prelucrat		
	Oțel	Aliaje de aluminiu	Bronz
	Ct		
Lustruirea			
Suprafață plană și plană profilată (o parte a suprafeței cilindrice)	0,0011	0,00066	0,00088
Șlefuirea			
Suprafață cilindrică și conică	0,038	0,0228	0,0304

Șlefuirea este prelucrarea cu granule abrazive fixate cu adezivi pe periferia unor discuri (din lemn, piele, pîslă) sau pe pînză etc., pentru îndepărtarea neregularităților de pe suprafața unei piese; mărimea adausului de prelucrare este 0,01...0,09 mm. Timpul efectiv [3], $T_{ef} = C_t l_p^{1,0} B_p^{0,7} h^{0,5} / R_a^{0,53}$ [min] (valabilă pentru $B_p > 20$ mm), în care B_p este lățimea suprafeței prelucrate, mm; C_t din tabelul 12.97.

BIBLIOGRAFIE

1. ACERKAN, N.S. *Metallorejușciie stanki, v. I și II.* Moscova, Mașinostroenie, 1965.
2. ARȘINOV, V.A. ȘI ALEKSEEV, G.A. *Rezanie metallov i rejuscii instrument.* Moscova, Mașinostroenie, 1964.
3. BARANOV, B.A. ș.a. *Normarea tehnică în uzinele constructoare de mașini* (traducere din limba rusă). București, Editura tehnică, 1960.
4. BAȘTA, T.M. *Transmisiile hidraulice de urmărire ale mașinilor* (traducere din limba rusă). București, Editura tehnică, 1961.
5. BLANPAIN, E. *Théorie et pratique des outils de coupe.* Paris, Editura Eyrolles, 1955.
6. BOGUSLAVSKI, B.L. *Tokarnie avtomatî.* Moscova, Mașghiz, 1958.
7. BOTEZ, EMIL. *Mașini-unelte. Cinematica.* București, Editura tehnică, 1969.
8. BOTEZ, EMIL *Angrenaje.* București, Editura tehnică, 1962.
9. BOUILLET, J.P. *Le coupe de metaux, v.I.* Paris, Dunod, 1964.
10. CETVERIKOV, S.S. *Metallorejușciie instrumentî.* Moscova, Vîsșaia Școla, 1965.
11. CLAIRE, L.J.ST. *Design and use of cutting tools.* New-York, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., 1952.
12. CRIȘAN, SILVIU. *Mașini-unelte, v. II.* București, Editura didactică și pedagogică, 1963.
13. CRIȘAN, SILVIU, ș.a. *Mașini-unelte, v.I.* București, Editura tehnică, 1959.
14. DARMANCIEV, S.K. *Fasonîe rezțî* Leningrad, Mașinostroenie, 1969.
15. DIACENKO, P.E. și IAKOBSON, M.O. *Calitatea suprafețelor la prelucrarea metalelor prin așchiere* (traducere din limba rusă). București, Editura tehnică, 1954.
16. DIACONESCU, IONEL ș.a. *Mașini-unelte, v.I-VI.* București. Editura transporturilor și telecomunicațiilor, 1959—1962.
17. DIACONESCU, GH. ș.a. *Tehnologia mecanicii fine.* București, Editura tehnică, 1969.
18. * * * *Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau, v.I* și *II.* Berlin — Heidelberg—New-York, Editura Springer, 1966.
19. DULĂMIȚĂ, T. *Alegerea și tratamentul termic al oțelurilor de scule.* București, Editura tehnică, 1963.
20. ELIEZER, S. *Scule cu plăcuțe.* București, Editura tehnică, 1969.
21. ENACHE, ST. *Calitatea suprafețelor prelucrate.* București, Editura tehnică, 1966.
22. FILONENKO, S.N. *Rezanie metallov.* Kiev, Vîsșaia școla, 1969.
23. FRAIFELD, I.A. *Rascetî i konstruktii spețialnogo metallorejusciego instrumenta.* Moscova-Leningrad, Mașghiz, 1957.
24. GAȚOV, A.D. ș.a. *Spravocinik normirovsciika-mașinostoritelia, v. II.* Moscova, Mașghiz, 1961.
25. GLLS, IU.A. *Instrumentalnîe stali.* Moscova, Metalurghizdat, 1961.
26. GRANOVSKI, G.I. GRUDOV, P.P. KRIVOUHOV, V.A. LARIN, M.N., MALKIN, A.IA. *Rezanie metallov.* Moscova, Mașghiz, 1954.
27. GULEAEV, A.P. *Tratamentul termic al oțelurilor* (traducere din limba rusă). București, Editura tehnică, 1962.
28. HARRIS, C.M. și CREDE, CH.E. *Șocuri și vibrații* (traducere din limba engleză S.U.A.). București, Editura tehnică, 1969.
29. HENRIOT, G. *Traité théorique et pratique des angrenages.* Paris, Dunod, v. I—1968, v.II—1961.
30. * * * *Hütte. Taschenbuch für Betriebsingenieure (Betriebshütte), v .I și II.* Berlin, Editura Wilhelm Ernst & Sohn, 1951 și 1952.
31. KARȚEV. S.P. *Scule pentru prelucrarea filetului* (traducere din limba rusă). București, IDT, 1956.
32. KUCHAMA, I.K. *Vestnik mașinostroienie,* (9): 33 (1956).
IVANOV, G.P. *Durificarea prin scîntei electrice* (traducere din limba rusă). București, Editura tehnică, 1963.
33. KLINGELNBERG, *Technisches Hilfsbuch.* Berlin Heidelberg-New-York, Editura Springer, 1967.
34. KRONENBERG, MAX. *Grundzüge der Zerspanungslehre, v.I. și II.* Berlin, Springer, 1954 și 1963.
35. KRUMME, *W. Klingelnerberg-Spiralkegelrader.* Berlin-Heidelberg New-York, Springer, 1967.
36. KUCER, A.M. ș.a. *Metallorejuscie stanki.* Moscova Mașinostroenie, 1965.
37. KUZNEȚOV, D.I. și ITKIN, A.L. *Recondiționarea sculelor* (traducere din limba rusă). București, I.D.T.
38. LĂZĂRESCU, I. *Teoria așchierii și proiectarea sculelor.* București. Editura didactică și pedagogică, 1958.
39. LĂZĂREASCU, I. *Asupra posibilității de abstractizare a sculei așchietoare.* În: Studii și cercetări de mecanică aplicată, nr. 1, 1968.
40. LĂZĂRESCU, I. și BOGDAN, A. *Contribuții în legătură cu geometria cuțitelor pentru prelucrarea danturii roților dințate conice cu dinți în arc de cerc.* În: Studii și cercetări de mecanică aplicată, X (1959) nr. 3, p. 887—916.
41. LĂZĂRESCU, I. ABRUDAN, G. și ARGHIR, G. *Asupra preciziei de prelucrare a pieselor conice.* În: Studii și cercetări de mecanică aplicată, nr. 1, 1962, p. 219.
LĂZĂRESCU, I. și ABRUDAN, G. *Analiza erorilor hiperbolice ce apar la prelucrarea pieselor conice.* În: Buletinul științific al Institutului politehnic din Cluj, nr. 8, 1965, p. 277.
42. LĂZĂRESCU, I. D. *Calculul și construcția sculelor așchietoare,* București, Editura tehnică, 1962.
43. MAROȘ, D. KILLMAN, V. ROHONYI, V. *Angrenaje melcate.* București, Editura tehnică, 1966.
44. MAROȘ, D. *Cinematica roților dințate.* București, Editura tehnică, 1958.
45. MAIUȘIN, V. M. *Mortezarea roților dințate* (traducere din limba rusă). București, I.D.T., 1953.
46. MERRIT, H. E. *Theory of self-Excited Machine-Tool Chatter.* În: Journal of Enginering for Industry, noiembrie, 1965.
47. MÜLLER, K. G. *Werkzeugmaschinen.* München, Institut für Fertigungstechnik, 1967—1968.
48. OPITZ, H. *Les causes d'usure des outils de coupe au carbure métallique.* În: K.D.M. Information, nr. 8, 1963.
49. OSMAN, M. *Automata eszetergákvezérlö görbéi.* Budapest, Müszaki könyvkiado, 1960.
50. OȘER, R. N. *Prepararea lichidelor de ungere și răcire și întrebuințarea lor la prelucrarea metalelor prin așchiere* (traducere din limba rusă) București, Editura tehnică, 1953.
51. PONOMARIOV, S. D. ș.a. *Calculul de rezistență în construcția de mașini* (traducere din limba rusă), v. I—III. București, Editura tehnică, 1960—1964.
52. REZNIKOV, N. I. *Ucenie o rezanii metallov.* Moscova, Mașghiz, 1947.
53. ROMANOV, V. F. *Verificarea cuțitelor-roată la prelucrarea roților dințate cu angrenare interioară.* În: Mașini-unelte și scule (traducere din limba rusă), nr. 6, 1954.
54. SAUER, L. *Proiectarea sculelor.* București, Editura didactică și pedagogică, 1967.
55. SCHMIDT, E. ș.a. *Prirucka reznych nastroju.* Praha, SNTL-Nakladatelstvi Technicke literatury, 1967.
56. SEMENCENKO, I. I., MATIUȘIN, V. M. SAHAROV, G. N. *Proektirovanie metallorejusciih instrumentov.* Moscova, Mașghiz, 1962.

57. SOKOLOVSKI, A. P. *Precizia prelucrării mecanice şi metodele pentru mărirea ei* (traducere din limba rusă). Bucureşti. Editura tehnică, 1954.
58. ŞAVLIUGA, N. I. *Lanţuri cinematice ale maşinilor-unelte* (traducere din limba rusă). Bucureşti Editura tehnică, 1954.
59. TIŞIN, S. D. *Rascetî masinnogo vremeni rabotî na metallorejusciih stankov.* Spravocinik. Moscova, Maşino-stroienie, 1964.
60. ŞAUMEAN, G. A. *Maşini automate* (traducere din limba rusă). Bucureşti, Editura tehnică, 1957.
61. TITOV, G. N. *Procinosti metallorejuscih instrumentov.* Moscova, Maşghiz, 1948.
62. TLUSTY, J. ş.a. *Selbsterregte Schwingungen an Werkzeugmaschinen.* Berlin, VEB Verlag Technik, 1962.
63. TOBIAS, S. A. *Vibraţiile maşinilor-unelte.* În: „Socuri şi vibraţii“ sub redacţia C ril M. Harris şi Charles E, Crede, v. III (traducere din limba engleză S.U.A.). Bucureşti, Editura tehnică, 1969, p. 91.
64. TOLCENOV, T. V. *Tehniceskoe normirovanie stanocinîh i slesarnosborocinîh rabot.* Moscova, Maşghiz, 1956.
65. VULF, A. M. *Rezanie metallov.* Moscova-Leningrad, Maşghiz, 1963.
66. WEISZ, M. *Étude Métallographique de la Formation du Copeau d'Usinage.* În: „Publication de l'Institut de Recherches de la Sidérurgie“, februarie, 1957, seria A, nr. 142.
67. * * * *Rejimî rezaniia cernîh metallov instrumentov, osnasciennîm tverdîm splaven.* NIBTH Glavniiproekta pri Gosplane SSSR, Maşghiz, 1958.
68. * * * *Catalogue des outils MAAG de taillage d'engrenages.* Zurich, (1965).
69. * * * *Aide memoire formulaire des utilisateurs de meules.* Compagnie NORTON, Paris, 1966.
70. * * * *Comment choisir une meule.* Compagnie NORTON, Paris, 1966.
71. SEMENCENKO, I. I. *Aşchierea rapidă a metalelor şi sculele respective* (traducere din limba rusă). Bucureşti. I.D.T., (70/119).
72. * * * *Maşinostroenie.* Enţiklopediceski spravocinik, v. 7. Moscova, Maşghiz, 1949, p. 288–289.
73. Ministerstvo stankostroeniia SSSR. *Rejimî rezaniia metallov instrumentami iz bîstrorejuşciei stalei.* Moscova, Maşghiz, 1950.
74. Ministerul Industriei Metalurgice. *Corpuri abrazive.* CARBOCHIM, Bucureşti, Oficiul de documentare tehnică, 1968.

13. PRELUCRAREA MATERIALELOR PRIN EROZIUNE

13.1. DEFINIREA, CLASIFICAREA ŞI CARACTERISTICILE GENERALE ALE METODELOR DE PRELUCRARE DIMENSIONALĂ PRIN EROZIUNE

În procesele de eroziune, definite ca procese de distrugere a integrităţii substanţei din straturile de suprafaţă ale obiectului supus eroziunii, este caracteristică o interacţiune între agentul eroziv şi obiectul supus eroziunii, de tipul celei prezentate principial în fig. 13.1. Acţiunea agentului eroziv asupra materialului obiectului eroziunii se exercită în spaţiu şi timp, putînd fi localizată sau generalizată, respectiv discontinuă sau continuă. Eficacitatea acestei acţiuni, exprimată prin variaţia masei, respectiv geometriei obiectului erodat, este determinată de parametrii definitorii ai agentului eroziv, de dinamica procesului de interacţiune agent eroziv-obiectul eroziunii şi de ansamblul proprietăţilor materialului supus eroziunii.

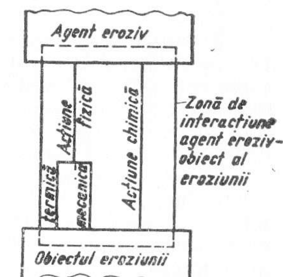


Fig. 13.1. Interacţiunea agent eroziv-obiectul eroziunii

Principalele forme de eroziune, care prezintă interes din punct de vedere tehnologic, sînt date în fig. 13.2. Trăsătura caracteristică a tuturor formelor de eroziune prezentate constă în natura specifică a energiei primare, conţinută de agentul eroziv. Această energie primară este predominant electrică, electromagnetică, electrochimică, chimică şi radiantă şi, numai în cazuri excepţionale, termică şi mecanică. Trebuie precizat că în această ultimă situaţie, energia primară mecanică a agentului eroziv nu se transmite obiectului eroziunii prin acţiunea directă şi de durată relativ mare a unui corp solid, aşa cum este cazul la metoda de prelucrare prin aşchiere.

În zona de interacţiune agent eroziv-obiectul eroziunii, energia primară a agentului eroziv se transformă în energie termică, mecanică sau chimică, care se consumă, în principal, pentru distrugerea integrităţii substanţei de la suprafaţa obiectului eroziunii.

Mecanismul distrugerii erozive poate prezenta următoarele tipuri de fenomene elementare:

— topire, vaporizare, sublimare a unor volume elementare de material, afectate de acţiunea agentului eroziv;

— ruperi de material în straturile de suprafaţă ale obiectului eroziunii, ca urmare a unor acţiuni termice şi mecanice repetate;

— coroziune.

Procesul îndepărtării materialului erodat de pe suprafaţa obiectului eroziunii se realizează în contul energiei agentului eroziv şi are, în majoritatea cazurilor, un caracter discontinuu şi cumulativ.

Principalele metode de prelucrare dimensională prin eroziune aplicate industrial sînt prezentate în tabelul 13.1.

Metoda de prelucrare prin eroziune electrică se bazează pe acțiunea erozivă polarizată a unor descărcări electrice prin impuls, amorsate în mod succesiv între un electrod ajutător pentru localizarea macroscopică a eroziunii și obiectul prelucrării. Localizarea microscopică a actelor erozive elementare are un caracter statistic și este asigurată prin selectivitatea intrinsecă a procesului amorsării descărcărilor electrice.

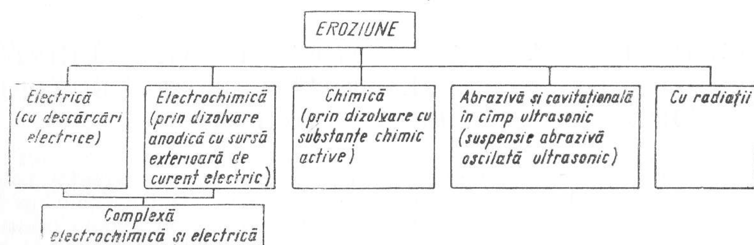


Fig. 13.2. Principalele forme de eroziune de interes tehnologic

Metoda de prelucrare prin eroziune cu plasmă se bazează pe acțiunea erozivă a plasmei unei descărcări electrice în arc staționar, stabilizată cu ajutorul unui curent de gaz. Localizarea eroziunii cu plasmă se realizează prin transferarea anodului arcului, amorsat inițial în generatorul de plasmă, pe suprafața obiectului prelucrării (plasmă-arc) și, respectiv, prin dirijarea formei și dimensiunilor jetului de plasmă, suflat în afara generatorului de plasmă de către curentul de gaz utilizat (plasmă-jet).

Metoda de prelucrare prin eroziune electrochimică se bazează pe fenomenul dizolvării electrochimice (anodice) a substanței obiectului prelucrării în procese caracteristice de schimb de sarcini electrice și de masă între electrolit, anod și catod. Suprafața necesară de interacțiune între anod-electrolit-catod se asigură prin geometria adecvată a electrodului ajutător-catod, pentru localizarea macroscopică a eroziunii. Localizarea microscopică are un caracter statistic și este determinată de valorile maxime ale densității curentului electric pe suprafața de prelucrat.

Metoda de prelucrare prin eroziune chimică se bazează pe fenomenul de dizolvare electrochimică ce acționează în condițiile aplicării pe suprafața obiectului prelucrării a unei substanțe solvent chimic active, datorită diferențelor de potențial electrochimic dintre diferitele puncte ale suprafeței de prelucrat și respectiv între acestea și particulele substanței solvent. Principial deci, eroziunea chimică reprezintă o formă specifică a eroziunii electrochimice, caracterizată prin lipsa sursei exterioare de curent electric. Localizarea macroscopică a prelucrării se realizează prin acoperirea cu pelicule de protecție anticorosivă a părților suprafeței obiectului prelucrării ce nu trebuie supuse eroziunii.

Metoda de prelucrare complexă prin eroziune electrochimică și electrică se bazează pe desfășurarea, simultană în timp și diferențiată în spațiu, a unor procese de eroziune electrochimică și de eroziune electrică cu descărcări în arc nestaționar, a suprafeței obiectului prelucrării. Posibilitatea realizării prelucrării este condiționată de formarea unei pelicule anodice tari, insolubile, izolatoare din punct de vedere electric, de existența unei presiuni de contact și a unei mișcări relative tangențiale la suprafața de prelucrat, între electrodul ajutător — catod pentru localizarea macroscopică a eroziunii și obiectul prelucrării.

Tabelul 13.1

Principalele metode industriale de prelucrare prin eroziune

Nr. crt.	Denumirea care reflectă fenomenele fundamentale utilizate de metodă	Alte denumiri folosite în literatura de specialitate	Denumirea recomandată
1	*Prelucrare prin eroziune electrică*	Prelucrare prin electroeroziune Prelucrare cu descărcări electrice	Prelucrare prin eroziune electrică
1.1.	Cu descărcări în scîntei	Prelucrare cu scîntei electrice	Prelucrare cu descărcări electrice în scîntei
1.2.	Cu descărcări în arc nestaționar:	Prelucrare cu impulsuri electrice	Prelucrare cu descărcări electrice în arc
1.2.1.	a. amorsate prin străpungerea unui mediu dielectric		
1.2.2.	amorsate prin ruperea unui contact electric parcurs de curent	Prelucrare prin contact electric Prelucrare electromecanică	Prelucrare prin contact electric
2.	*Prelucrare prin eroziune cu plasmă*		Prelucrare prin eroziune cu plasmă
3.	*Prelucrare prin eroziune electrochimică*	Prelucrare electrochimică Prelucrarea electrolitică	Prelucrare prin eroziune electrochimică
3.1.	Cu depasivare naturală	Lustruire electrolitică	Prelucrare electrochimică naturală
3.2. 3.2.1.	Cu depasivare forțată: prin circularea forțată a electrolitului	Prelucrare electrochimică dimensională	Prelucrare electrochimică hidrodinamică
3.2.2.	prin abrazare	Prelucrare electroabrazivă Elizare	Prelucrare electrochimică abrazivă

Tabelul 13.1 (continuare)

Nr. crt.	Denumirea care reflectă fenomenele fundamentale utilizate de metodă	Alte denumiri folosite în literatura de specialitate	Denumirea recomandată
4.	*Prelucrare prin eroziune chimică*	Prelucrare chimică	Prelucrare prin eroziune chimică
5.	*Prelucrare complexă prin eroziune electrochimică şi electrică*	Prelucrare anodo-mecanică	Prelucrare prin eroziune chimico-electrică
6.	*Prelucrare prin eroziune abrazivă cavitaţională*	Prelucrare cu ultrasunete Prelucrare cu ajutorul oscilaţiilor ultrasonore	Prelucrare prin eroziune abrazivo-cavitaţională
7.	*Prelucrare prin eroziune cu radiaţii*	Prelucrare cu radiaţii de înaltă energie	Prelucrare prin eroziune cu radiaţii
7.1.	Cu fascicul de electroni	Prelucrare cu fascicul de electroni	Prelucrare cu fascicul de electroni
7.2.	Cu fascucul de ioni	Prelucrare cu raze electronice Prelucrare cu raze ionice	Prelucrare cu fascicul de ioni
7.3.	Cu fascicul de fotoni	Prelucrare cu laser Prelucrare cu ajutorul generatorilor cuantici	Prelucrare cu fascicul de fotoni

Metoda de prelucrare prin eroziune abrazivă şi cavitaţională în cîmp ultrasonic se bazează pe acţiunea, în strînsă interdependenţă, a unor procese de eroziune abrazivă şi cavitaţională, dezvoltate simultan în condiţiile oscilării ultrasonice a suspensiei abrazive interpusă între un obiect ajutător, fixat pe suprafaţa activă a transformatorului acustic al unui transductor ultrasonic, şi obiectul prelucrării. Localizarea macroscopică a prelucrării este asigurată prin forma adecvată a suprafeţei active a obiectului ajutător prin care se radiază energia ultrasonică în agentul eroziv.

Metoda de prelucrare prin eroziune cu radiaţii se bazează pe acţiunea erozivă a unui fascicul de radiaţii de mare energie şi puternic focalizat la suprafaţa obiectului prelucrării.

Localizarea prelucrării se realizează prin focalizarea şi dirijarea spaţială corespunzătoare a fasciculului de radiaţii cu ajutorul lentilelor electrice, magnetice sau electromagnetice (la radiaţii corpusculare), respectiv cu oglinzi şi lentile optice (la radiaţii electromagnetice luminoase).

Din punct de vedere tehnologic, metodele de prelucrare dimensională prin eroziune prezintă următoarele caracteristici generale:

— influenţa proprietăţilor mecanice ale materialului obiectului prelucrării asupra caracteristicilor tehnologice este (cu excepţia metodei de prelucrare prin eroziune abrazivă şi cavitaţională) de ordin secundar;

— cinematica generării suprafeţelor prelucrate este relativ simplă; în cazul metodelor de prelucrare prin eroziune electrică (tabelul 13.1 poz. 1.1 şi 1.2.1) electrochimică (tabelul 13.1 poz. 3.2.1) şi respectiv abrazivo-cavitaţională este posibilă reproducerea formei spaţiale a electrodului ajutător, respectiv a obiectului ajutător fixat pe suprafaţa activă a transformatorului acustic, printr-o mişcare de avans de pătrundere liniară a acestora;

— simultan cu modificarea formei obiectului prelucrării au loc şi modificări ale proprietăţilor materialului din straturile de suprafaţă ale obiectului prelucrării; în anumite condiţii este posibilă îmbunătăţirea unor proprietăţi ale materialului prelucrat;

— procesele de prelucrare se pot automatiza relativ uşor, asigurîndu-se condiţii pentru deservirea simultană a mai multor maşini de către un singur operator.

În cazul prelucrării materialelor obişnuite şi a suprafeţelor de complexitate redusă (plane, de revoluţie sau generate prin combinarea unei mişcări de rotaţie cu o mişcare liniară), metodele de prelucrare dimensională prin eroziune prezintă, în general, caracteristici tehnologice inferioare şi un consum specific de energie superior în raport cu metoda de prelucrare prin aşchiere.

Domeniul actual de aplicare cu maximă eficienţă tehnico-economică a metodelor de prelucrare dimensională prin eroziune este reprezentat de prelucrarea materialelor cu proprietăţi mecanice, termice şi chimice excepţionale, prelucrarea suprafeţelor spaţiale de mare complexitate şi toate categoriile de prelucrări microdimensionale.

13.2. PRELUCRAREA DIMENSIONALĂ PRIN EROZIUNE ELECTRICĂ

13.2.1. PRINCIPII FIZICE ŞI TEHNOLOGICE

Din punct de vedere fizic, procesul de prelucrare dimensională prin eroziune electrică este determinat de acţiunea erozivă complexă, localizată şi discontinuă a unor descărcări electrice prin impuls (fig. 13.3), amorsate în mod repetat între obiectul prelucrării şi un electrod ajutător (numit, în continuare, electrod NA). Acţiunea descărcării electrice prin impuls se exercită asupra obiectului prelucrării, electrodului şi mediului dielectric

dintre aceştia, avînd drept consecinţă principală distrugerea integrităţii substanţei de la suprafaţa obiectului prelucrării şi îndepărtarea din zona de prelucrare a produselor metalice şi de altă natură rezultate.

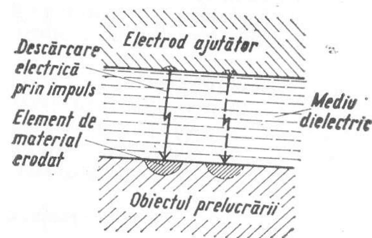


Fig. 13.3. Schema de principiu a prelucrării dimensionale prin eroziune electrică

În procesul eroziunii, energia primară electrică furnizată de un echipament de alimentare cu energie pentru amorsarea, dezvoltarea şi întreţinerea temporară a descărcării este transformată, predominant, în energie termică şi mecanică. În acest mod, descărcarea electrică prin impuls reprezintă o sursă de energie distructivă puternic concentrată (densitatea volumetrică de energie atinge 30 000 J/mm³), care determină pe suprafaţa obiectului prelucrării modificări locale ale stării de agregare şi structurii, ruperi micro şi macroscopice şi expulzări de material. Un proces calitativ similar se desfăşoară şi pe suprafaţa afectată de descărcare a electrodului.

Schema de principiu a celor mai importante fenomene fizico-chimice caracteristice ce se desfăşoară în procesele de eroziune electrică realizate în medii dielectrice lichide este reprezentată în fig. 13.4.

În practica prelucrării dimensionale prin eroziune electrică se utilizează descărcări prin impuls, în scînteie, de tranziţie scînteie-arc şi în arc.

Principalele condiţii fizice care determină posibilitatea utilizării fenomenului de eroziune electrică în procesele tehnologice de prelucrare dimensională a materialelor electroconductoare sînt prezentate în continuare.

Introducerea directă a energiei primare electrice la suprafaţa obiectului prelucrării. Aceasta se realizează prin conectarea obiectului prelucrării şi a electrodului, între care s-a interpus un mediu dielectric, la tensiunea de ieşire a echipamentului de alimentare cu energie electrică. Interstiţiul dintre suprafeţele active ale obiectului şi electrodului este stabilizat la valori corespunzătoare amorsării descărcărilor electrice prin acţiunea unui sistem de reglare automată. În acest fel, introducerea directă a energiei electrice în zona de prelucrare este posibilă fie exclusiv prin canalul descărcării (prelucrare cu descărcări în scînteie sau în arc), fie prin contactul temporar dintre electrod şi obiectul prelucrării şi prin canalul descărcării amorsate la ruperea acestuia (prelucrare prin contact electric). În ultimul caz, este obligatorie o mişcare relativă ajutătoare între electrod şi obiectul prelucrării, tangenţială la suprafaţa de prelucrat.

Dozarea temporală a energiei primare electrice transmise obiectului prelucrării. Aceasta se asigură prin limitarea duratei descărcărilor la valori, în general, sub 10^{-2} s. În acest fel, energia electrică este transmisă obiectului prelucrării în mod discontinuu, sub formă de impulsuri.

Generarea impulsurilor de curent electric în spaţiul de interacţiune electrod-obiectul prelucrării (spaţiul de lucru) se poate realiza pe cale electrică (descărcări amorsate prin străpungerea unui mediu dielectric) sau pe cale mecanică (descărcări amorsate prin ruperea unui contact parcurs de curent). În primul caz, alimentarea cu energie electrică a spaţiului de lucru se face prin intermediul unui generator de impulsuri de tensiune, cu parametrii corespunzători. În cel de-al doilea caz, spaţiul de lucru, caracterizat prin existenţa unor contacte metalice locale temporare între electrod şi obiectul prelucrării, se alimentează în mod direct cu curent electric continuu sau alternativ, de la o sursă cu tensiune suficient de mare, în general peste 20 V.

Localizarea energiei primare electrice pe suprafaţa obiectului prelucrării. Localizarea microscopică a acţiunii impulsurilor de curent electric pe suprafaţa obiectului prelucrării este consecinţa selectivităţii intrinseci a procesului de amorsare a descărcărilor electrice. Această proprietate determină, implicit şi posibilitatea localizării macroscopice a eroziunii.

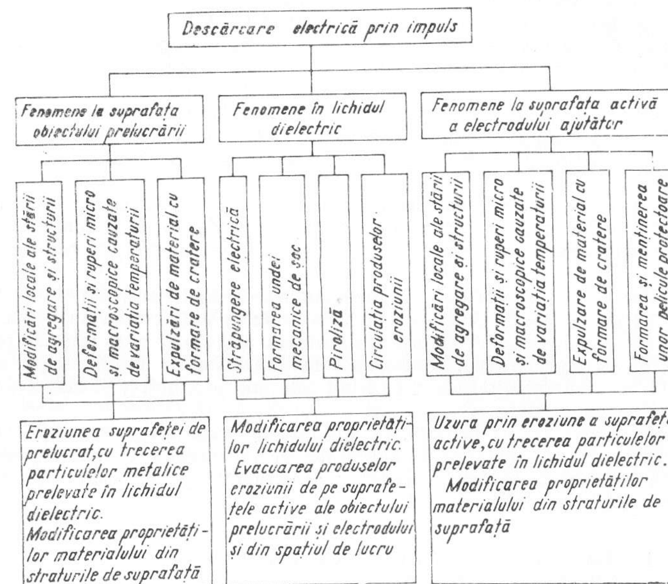


Fig. 13.4. Fenomene fizico-chimice caracteristice prelucrării dimensionale prin eroziune electrică în medii dielectrice lichide

Astfel, atribuind electrodului o configuraţie conjugată cavităţii ce trebuie executată şi orientînd mişcarea de avans de pătrundere a electrodului după sensul necesar al eroziunii, se realizează generarea suprafeţei prelucrate prin copierea formei spaţiale a electrodului în obiectul prelucrării. Actualmente, circa 80% din volumul de prelucrări dimensionale executate prin eroziune electrică utilizează principiul copierii. Se conturează însă tendinţa lărgirii posibilităţilor tehnologice ale prelucrării, prin aplicarea altor metode de generare a suprafeţelor, cum ar fi integrarea urmei, rularea etc.

Asigurarea unui caracter polarizat al eroziunii în descărcări electrice prin impuls. În condiţii tehnologice, caracterul polarizat al eroziunii este determinat în special de fenomenele fizico-chimice de pe suprafaţa activă a electrodului. La prelucrarea cu descărcări în scînteie, eroziunea obiectului prelucrării este maximă cînd acesta este conectat la anodul echipamentului de alimentare cu energie electrică. La prelucrarea cu descărcări în arc de străpungere, această condiţie se realizează prin conectarea obiectului prelucrării la catodul echipamentului respectiv. La prelucrarea prin contact electric în curent continuu, obiectul prelucrării se conectează la anod.

Analiza fenomenelor termice şi hidrodinamice din procesele de prelucrare arată că, la materiale date ale electrodului şi obiectului prelucrării şi la un mediu dielectric bine determinat, caracteristicile tehnologice ale prelucrării sînt determinate, în ultimă instanţă, de parametrii impulsurilor de curent electric ce acţionează la suprafaţa de prelucrat şi respectiv de configuraţia şi dimensiunile spaţiului de lucru.

Ansamblul parametrilor definitorii ai impulsurilor de curent ce acţionează la suprafaţa obiectului prelucrării reprezintă deci, în condiţii date, regimul de prelucrare prin eroziune electrică. Din considerente practice, regimul de prelucrare se caracterizează obişnuit, în mod incomplet, prin mărimi integrale măsurabile cu mijloace simple (tensiunea de mers în gol a echipamentului de alimentare cu energie electrică, valorile mijlocii sau efective ale tensiunii de amorsare a descărcărilor respectiv ale curentului în spaţiul de lucru etc.) şi prin parametrii constructivi ai echipamentului de alimentare cu energie electrică (de exemplu, valorile elementelor de circuit pasive RLC ale generatoarelor de impulsuri).

În tabelul 13.2 se indică regimurile de prelucrare prin eroziune electrică utilizate în prezent, cu evidenţierea orientativă a interdependenţei dintre parametrii impulsurilor de curent electric, fenomenele fizice din spaţiul de lucru şi unele caracteristici tehnologice ale prelucrării.

Principalele concluzii ce se desprind din examinarea datelor respective sînt următoarele:

— Pentru prelucrări de degroşare sînt de preferat prelucrarea cu descărcări în arc, joasă frecvenţă şi, atunci cînd există posibilitatea asigurării unei mişcări relative între electrod şi obiectul prelucrării, tangenţială la suprafaţa de prelucrat-prelucrarea prin contact electric în curent alternativ, ca fiind cele mai productive şi mai avantajoase din punct de vedere energetic.

— Pentru prelucrări de finisare, în special ale materialelor sensibile la modificări structurale şi ruperi în straturile de suprafaţă, se recomandă aplicarea prelucrărilor cu descărcări în scînteie, de înaltă frecvenţă şi a prelucrării prin contact electric în curent continuu, cu regimuri de lucru fine.

13.2.2. UTILAJE PENTRU PRELUCRAREA PRIN EROZIUNE ELECTRICĂ

13.2.2.1. MAŞINI DE PRELUCRARE. Maşinile de prelucrare prin eroziune electrică pot fi universale, speciale şi specializate.

Din punct de vedere constructiv, acestea posedă numeroase elemente comune cu maşinile pentru prelucrarea prin aşchiere, în special în ceea ce priveşte echipamentele de acţionare şi părţile mecanice (batiu, ghidaje, lanţuri cinematice etc.). În acelaşi timp, prezintă şi unele elemente caracteristice, determinate de condiţiile specifice în care se realizează prelucrarea materialului obiectului prelucrării, şi anume: echipamente pentru alimentarea cu energie electrică a spaţiului de lucru, echipamente pentru reglarea stabilizatoare a interstiţiului de lucru, sisteme pentru introducerea şi menţinerea lichidului dielectric în spaţiul de lucru şi dispozitive suplimentare pentru satisfacerea cerinţelor tehnicii securităţii muncii şi pazei contra incendiilor.

Clasificarea maşinilor de prelucrare universale, în funcţie de natura mişcărilor de lucru, este prezentată în tabelul 13.3.

În fig. 13.5 se reproduce vederea de ansamblu a unei maşini universale de prelucrare prin copierea formei spaţiale a electrodului, de construcţie caracteristică. La acest tip de maşini, cel mai răspîndit în industrie, masa obiectului prelucrării poate varia în mod obişnuit între 5 şi 10 000 kg iar masa electrodului, inclusiv dispozitivul de prindere, între 1 şi 250 kg.

Principalele procese tehnologice de prelucrare pentru care există în exploatare maşini de prelucrare speciale şi specializate sînt: execuţia paletelor de turbine cu abur sau gaz, execuţia rotoarelor de turbine hidraulice Pelton, execuţia sitelor cu orificii de secţiune circulară sau dreptunghiulară, execuţia orificiilor de mici dimensiuni în aparatura de injecţie a combustibilului lichid, marcarea produselor metalice, extragerea sculelor aşchietoare rupte din obiecte de prelucrat mici şi mijlocii.

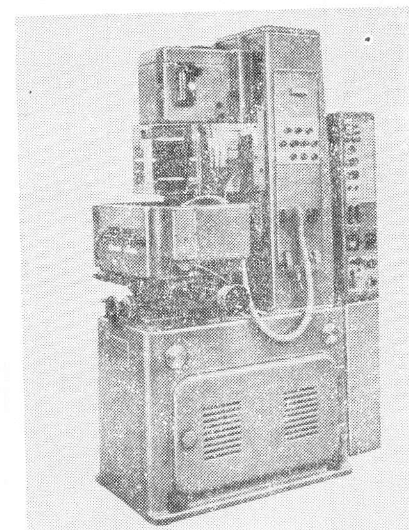


Fig. 13.5. Maşină de prelucrare prin eroziune electrică cu copierea formei spaţiale a electrodului în obiectul de prelucrat

13.2.2.2. GENERATOARE DE IMPULSURI DE TENSIUNE. Generarea impulsurilor de curent electric, determinante pentru procesul de prelucrare, se realizează prin amorsarea şi întreţinerea în spaţiul de lucru, sub acţiunea impulsurilor de tensiune produse de un generator corespunzător, a unor descărcări electrice prin impuls cu caracteristici adecvate. Datorită acestui fapt, proprietăţile spaţiului de lucru exercită o importantă influenţă cantitativă şi chiar calitativă asupra funcţionării generatoarelor de impulsuri.

Principalele metode de formare a impulsurilor de tensiune pentru prelucrarea prin eroziune electrică sînt:

— descărcarea energiei înmagazinate în cîmp electric sau magnetic;

— întreruperea curentului continuu sau alternativ;

— compunerea unei tensiuni continue cu tensiuni alternative de diferite amplitudini, faze şi frecvenţe;

— conversiunea de frecvenţă a tensiunii alternative;

— dirijarea spaţial temporală a înlănţuirii magnetice dintre inductor şi indus la generatoarele rotative, cărora li se adaugă, în special pentru obţinerea unor impulsuri unipolare;

— redresarea tensiunilor sinusoidale sau impulsurilor de tensiune alternative.

În toate cazurile (cu excepţia generatoarelor rotative), metodele de formare a impulsurilor se bazează pe acţiunea de comutare, autonomă sau comandată, a unor elemente de circuit neliniare.

În tabelul 13.4 se prezintă clasificarea şi cîteva caracteristici ale generatoarelor de impulsuri de tensiune de interes industrial.

Exploatarea în condiţii tehnico-economice optime a maşinilor de prelucrare universale impune realizarea proceselor de prelucrare printr-o succesiune de treceri, cu regimuri de lucru din ce în ce mai fine. Din acest punct de vedere este ideală echiparea maşinilor universale cu generatoare de impulsuri cu o gamă cît mai largă a regimurilor de lucru, Urmărirea datelor din tabelul 13.4 relevă satisfacerea acestei condiţii, în primul rînd, de către generatoarele de impulsuri RC (fig. 13.6), care de altfel echipează în prezent cea mai mare parte a maşinilor de prelucrare universale. Există tendinţa limitării folosirii generatoarelor RC exclusiv la maşini de putere redusă (în general sub 1 kW), destinate

Tabelul 13.2

Regimuri de prelucrare prin eroziune electrică

	Parametrii impulsurilor de curent electric						Fenomenele fizice în spațiul de lucru			Caracteristicile tehnologice ale prelucrării				
Metoda de generare		Frecvența f Hz	Durata impulsului µs	Coeficientul de umplere K_u	Energia impulsului W_i J	Valoarea maximă a curentului prin spațiul de lucru I_{max} A	Forma descărcării prin impuls	Mecanismul prelevării materialului	Polaritatea obiectului prelucrării	Productivitatea Q_{max} mm³/min	Înălțimea medie a neregularităților R_a µm	Adîncimea stratului modificat structural h_s mm	Uzura relativă u_v %	Consumul specific de energie W_s J/mm³
0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Electrică		(0,3…1)10^3	20–200	0,03–0,08	0,05–10	10–60	Scînteie-arc	Vaporizare lentă și explozivă	Anod*)	$1{,}5\cdot 10^3$	50–1,6	0,01–0,08	10–80	6–50
		(1…1 500)10^3	0,2–12	0,015–0,04	0,0001–0,03	0,1–1	Scînteie	Vaporizare explozivă	Anod*)	2–20	3,2–0,6	0,001–0,002	20–100	100–1000
		(0,05…0,3)10^3	(10…12)10^3	0,3–0,65	—	250–1 200	Arc	Topire	Catod*)	$25\cdot 10^3$	Peste 100	0,1–0,9		1–10
		(0,3…1)10^3	(1…1,8)10^3	0,4–0,7	5–50	80–600	Arc	Topire și vaporizare lentă	Catod*)	$6\cdot 10^3$	Peste 100	0,08–0,25	0,2–20	10–100
		(1…100)10^3	40–400	0,5–0,95	0,001–0,9	2–100	Scînteie arc	Topire și vaporizare lentă	Catod*)	900	12,5–1,6	0,01–0,02	5–30	(0,1…1)10^3
Mecanică		50	—	—	—	(1…10)10^3	Arc	Topire	**)	$50\cdot 10^3$	Peste 100	0,3–2	1–15	0,5–1
		(20…30)10^3	0,5–10	—	—	2…250	Arc	Topire și vaporizare lentă	Anod***)	250	6,3–0,4	0,004–0,25		10–60

Observație. În acest tabel s-au dat valori numerice numai acolo unde s-au găsit publicate în literatura de specialitate.

*) Electrod din cupru și obiect din oțel.

**) Idem în curent alternativ.

***) Electrod din fontă și obiect din carburi metalice.

Tabelul 13.3

Clasificarea maşinilor universale de prelucrare prin eroziune electrică

Denumirea maşinilor	Metodele de generare a impulsurilor	Mişcarea de avans de pătrundere		Mişcările de lucru ajutătoare		Variante constructive	Operaţii ce se pot executa
		Organul care o execută	Natura mişcării	Organul care le execută	Natura mişcărilor		
Maşini de prelucrare prin copierea formei electrodului	Electrică	Electrodul	Rectilinie	Electrodul *)	Oscilatorie longitudinală rotaţie	Mişcări de deservire executate de: — electrod — obiectul prelucrării	Găurire, gravare şi marcare
	Electrică	Electrodul	Translaţie circulară	—	—		Finisarea orificiilor şi cavităţilor cu orificii şi respectiv cavităţi tehnologice
Maşini de prelucrare cu electrod filiform	Electrică	Obiectul prelucrării	Rectilinie	Electrodul	Rectilinie		Retezare
	Electrică	Obiectul prelucrării	Oarecare în plan	Electrodul	Rectilinie	Cu comandă: — după şablon — după desen — după program	Decupare după orice contur
Maşini de prelucrare cu electrod rotativ	Electrică	Electrodul şi obiectul prelucrării	Rectilinie	Electrodul şi obiectul prelucrării *)	Rotaţie	Mişcare de rotaţie: — în plan vertical — în plan orizontal	Retezare, rectificare plană şi cilindrică, fasonare, filetare interioară
Maşini de prelucrare cu electrod rotativ	Mecanică	Electrodul şi obiectul prelucrării	Rectilinie	Electrodul	Rotaţie	Mişcare de rotaţie: — în plan vertical — în plan orizontal	Rectificarea suprafeţelor plane şi curbe în spaţiu retezare, găurire, profilarea, obiectelor paralelipipedice
Maşini de prelucrare cu obiecte de prelucrat rotative	Mecanică	Electrodul	Rectilinie	Obiectul prelucrării şi electrodul *)	Rotaţie		Rectificarea suprafeţelor cilindrice Netezirea suprafeţelor de revoluţie

* Numai în cazuri particulare de prelucrare, de obicei, cu dispozitive auxiliare.

prelucrării la regimuri de finisare a obiectelor din materiale cu tendinţă de fisurare la variaţii mari de temperatură (în special carburi metalice).

Un domeniu larg de reglare a regimurilor de lucru prezintă şi generatoarele de impulsuri de tensiune cu semiconductori (fig. 13.7). Avantajele acestora, printre care posibilitatea comandării independente şi în limite largi a parametrilor principali ai impulsurilor şi randamentul mare, ca urmare a eliminării elementelor de circuit acumulatoare de energie, au determinat o asimilare rapidă a generatoarelor de impulsuri cu semiconductori în tehnica electroeroziunii, în special la maşini de putere mare şi regimuri de lucru de degroşare.

Problema echipării maşinilor de prelucrare universale cu generatoare de impulsuri de tensiune cu gamă largă a regimurilor de lucru se rezolvă în prezent prin utilizarea în aceeaşi maşină a mai multor tipuri de generatoare (2—4), specializate pentru regimuri de lucru diferite.

Uneori, în funcţie de condiţiile concrete ale prelucrării, în special cînd se urmăreşte asigurarea unei productivităţi ridicate, se practică alimentarea de la un generator de impulsuri a mai multor posturi de lucru şi respectiv alimentarea unui post de lucru, secţionat pe mai multe circuite, de la mai multe generatoare de impulsuri.

Tabelul 13.4

Caracteristicile generatoarelor de impulsuri de tensiune care echipează mașini de prelucrare prin eroziune electrică

Generatoarele de impulsuri: Tipul	Generatoarele de impulsuri: Denumirea	Energia primară de intrare	Elementul neliniar de comutare: Natura	Elementul neliniar de comutare: Modul de funcționare	Elementul de redresare în circuitul impulsurilor	Particularitățile constructive	Caracteristicile funcționale: Frecvența impulsului f Hz	Durata impulsului t_i μs	Coeficientul de umplere K_u	Tensiunea de străpungere U_{str} V	Puterea maximă a generatorului P_{max} kW
Statice	RC (inclusiv RLC, RLCL, RCR și R neliniar)	Electrică, curent continuu, joasă tensiune	Spațiul de lucru	Autonom	Nu	—	$(0,1...100)10^3$	0,5–200	0,01–0,10	50–250	15
	LC	Electrică, curent continuu, joasă tensiune	Spațiul de lucru	Autonom	Nu	Electrod oscilant	$(0,1...0,4)10^3$	800–1 000		80–100	10
	CC	Electrică, curent alternativ, frecvență industrială	Spațiul de lucru	Autonom	Nu	Redresor în circuitul de încărcare	$(0,2...2)10^3$	50–100		100–200	—
	RC, RLC cu tiratron	Electrică, curent continuu, înaltă tensiune	Tub ionic	Comandat	Nu	Legătura cu spațiul de lucru prin trafo de impuls	$(2...100)10^3$	0,6–15	0,01–0,20	100–200	1
	Electronic	Electrică, curent continuu, înaltă tensiune	Tub electronic	Comandat	Da	Idem	$(1...1\,500)10^3$	1–600	0,25–0,65	Sub 120	5
	Cu semiconductori	Electrică, curent continuu joasă tensiune	Tranzistor, tiristor	Comandat	Nu	Electrod oscilant	$(1...200)10^3$	2–2 000	0,002–0,99	55–110	25
	Magnetice	Electrică, curent alternativ, joasă tensiune	Amplificator magnetic	Comandat	Da	—	(50...100)	3 000–12 000	0,3–0,65	40–60	150
Rotative	De medie frecvență cu rotor bobinat	Mecanică, electrică curent continuu	—	—	Da	Cu colector și redresor mecanic în rotor	$(0,4...1)10^3$	900–1 800	0,4–0,70	80–160	20
	De medie frecvență de tip inductor	Mecanică, electrică curent continuu	—	—	Da	Rotor dințat	$(0,4...16)10^3$	300–1 800	0,4–0,70	100–250	5

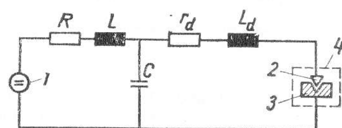


Fig. 13.6. Schema de principiu a generatorului de impulsuri RC:

1 — sursă de alimentare cu curent continuu; 2 — electrod; 3 — obiectul prelucrării; 4 — element de comutare neliniar; R și L — rezistența, respectiv inductanța circuitului de încărcare; r_d și L_d — rezistența, respectiv inductanța circuitului de descărcare

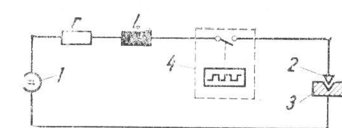


Fig. 13.7. Schema de principiu a generatorului de impulsuri cu semiconductori:

1 — sursă de alimentare cu curent continuu; 2 — electrod; — obiectul prelucrării; 4 — element de comutare comandat

13.2.2.3. ECHIPAMENTE DE REGLARE AUTOMATĂ ȘI COMANDĂ. Echipamentele de reglare automată și comandă a mașinilor de prelucrare prin eroziune electrică asigură desfășurarea în condiții optime a prelucrării propriu-zise și automatizarea ciclului de prelucrare, considerat în ansamblu.

Optimizarea prelucrării propriu-zise se realizează cu:

— sisteme de reglare automată a interstițiului de lucru (SRAI), respectiv a vitezei mișcării de avans de pătrundere, cu programare manuală a vitezei pe baza indicațiilor unor instrumente de măsură sau în funcție de manifestările exterioare ale desfășurării procesului de prelucrare;

— sisteme de reglare automată extremală a interstițiului de lucru (SREI), cu determinarea și menținerea automată a valorii optime a interstițiului respectiv a vitezei de avans de pătrundere;

— sisteme de reglare automată a regimurilor de lucru (SRAR) în funcție de condițiile caracteristice ale prelucrării (în special adîncimea de pătrundere și mărimea suprafeței de interacțiune dintre electrod și obiectul prelucrării) și de parametrii tehnologici impuși (în special netezimea suprafeței prelucrate). Obiectivul principal al acestor sisteme este asigurarea unei durate minime a prelucrării. Ele pot fi cu program rigid sau elastic, stabilit de tehnolog și autoadaptive.

Pentru automatizarea ciclului de prelucrare în ansamblu se aplică sisteme de comandă după program, asemănătoare cu cele utilizate la mașinile-unelte de prelucrare prin așchiere.

Echipamentele de reglare automată a interstițiului de lucru sînt de o mare varietate principială și constructivă (tabelul 13.5).

În funcție de condițiile concrete ale prelucrării, interstițiul de lucru poate lua, la generarea electrică a impulsurilor de curent electric, valori cuprinse între 0,025 și 0,55 mm. Datorită dificultăților legate de măsurarea acestuia, în practică se operează cu viteza liniară de avans de pătrundere a electrodului, care are, în mod obișnuit, valori cuprinse între 0,0003 și 0,4 mm/min.

13.2.2.4. ELECTROZI. Principalele funcții ale electrodului sînt introducerea energiei primare electrice în spațiul de lucru și localizarea macroscopică a acțiunii impulsurilor de curent electric la suprafața obiectului prelucrării. În acest scop, electrodul trebuie să asigure introducerea energiei în condițiile desfășurării stabile a procesului de prelucrare, să fie stabil la eroziune electrică, să posede baze pentru fixarea pe mașină și să fie executat cu o precizie geometrică și dimensională corespunzătoare preciziei impuse prelucrării.

Tabelul 13.5

Caracteristicile sistemelor de reglare automată a interstițiului de lucru

Mărimea reglată	Amplificatorul	Elementul de execuție	Organul de execuție
Amplitudinea tensiunii de străpungere a interstițiului de lucru	Electronoionic	Motor de curent continu	Arbore în transmisie rigidă cu mecanism șurub-piuliță
Valoarea mijlocie a tensiunii interstițiul de lucru	Cu semiconductori	Motor de curent alternativ	Ax în echilibru dinamic
	Magnetic	Motor pas cu pas	
	Rotativ	Electromagnet	
		Motor hidraulic rotativ	
Valoarea mijlocie a curentului prin spațiul de lucru	Hidraulic	Motor hidraulic liniar	

Din faptul că energia dezvoltată în descărcările electrice prin impuls se repartizează între electrod și obiectul prelucrării într-un mod determinat, corespunzător materialelor acestora, parametrilor impulsurilor de tensiune și curent și mediului în care au loc descărcările, rezultă că nu poate exista un material universal pentru electrod, utilizabil în condiții avantajoase la prelucrarea cu orice regimuri de lucru, în orice mediu, a oricăror materiale electroconductoare.

În tabelul 13.6 sînt prezentate principalele materiale utilizate pentru executarea electrozilor, cu indicarea domeniilor de aplicare.

Din punct de vedere constructiv, electrozii sînt constituiți dintr-o parte activă, care participă la generarea suprafeței prelucrate și este executată dintr-un material corespunzător cerințelor procesului de eroziune, și dintr-o parte auxiliară, necesară pentru bazarea și fixarea electrodului pe mașina de prelucrare, executată din același material cu partea activă sau din materiale mai ieftine și respectiv mai potrivite pentru condițiile specifice impuse acestei părți. La prelucrarea cavităților de mari dimensiuni sau de geometrie complexă, în special în producția de serie, partea activă a electrozilor se execută prin asamblarea unor elemente tipizate identice sau diferite. În fig. 13.8 se prezintă cîteva variante constructive ale electrozilor folosiți la prelucrarea orificiilor străpunse. Partea activă a acestor electrozi se execută sub formă de bară sau țeavă (pentru suprafețe transversale mari), cu profilul exterior al secțiunilor transversale asemenea profilului transversal corespunzător al orificiului ce trebuie executat.

Distanța Δ dintre suprafața exterioară a electrodului și pereții orificiului executat se determină cu relația

$$\Delta = \delta + Z \quad [\text{mm}], \tag{13.1}$$

în care δ este mărimea interstițiului de lucru iar Z — adaosul de prelucrare pentru îmbunătățirea preciziei de prelucrare și calității suprafeței prelucrate. Valorile lui δ și Z sînt indicate orientativ și numai pentru unele cazuri particulare de prelucrare în instrucțiunile de exploatare ale mașinilor de lucru. Ele trebuie corectate pe baza încercărilor experimentale efectuate în condițiile concrete ale prelucrării date.

Tabelul 13.6

Materiale utilizate pentru executarea electrozilor

Materialul	Avantajele	Dezavantajele	Domeniul de aplicare
Cupru	Posibilitatea introducerii unor puteri electrice mari în spațiul de lucru. Stabilitate foarte bună a prelucrării pentru toate materialele prelucrabile prin eroziune electrică. Prelucrabilitate bună prin deformare plastică	Material deficitar. Preț de cost ridicat Uzură relativă mare	Prelucrarea în orice regimuri de lucru a obiectelor din carburi metalice și aliaje de aluminiu. Executarea orificiilor străpunse de secțiune redusă în orice material. Regimuri de lucru fine, cu frecvență ridicată a impulsurilor. Oriunde este posibilă utilizarea semifabricatelor industriale (în special țevi, bare de secțiune redusă și fire)
Alamă	Stabilitate bună a prelucrării. Prelucrabilitate bună	Uzură relativă mare, în special la prelucrarea obiectelor din carburi metalice	Executarea orificiilor mici și mijlocii în regimuri de degroșare, utilizînd semifabricate industriale
Aluminiu și aliaje de aluminiu	Greutate specifică redusă. Stabilitate relativă bună a prelucrării, dar numai pentru o gamă restrînsă de materiale (în special oțeluri)	Uzură relativă mare, în special la electrozii confecționați din material turnat și la părți proeminente înguste ale electrozilor	Prelucrarea de degroșare a orificiilor și cavităților, fără adîncituri înguste, în obiecte din oțel și aliaje refractare
Aliaje de zinc și plumb	Prelucrabilitate foarte bună prin turnare. Recuperare prin retopire a electrozilor uzați. Preț de cost relativ redus	Uzură relativă foarte mare	Prelucrarea de finisare a orificiilor și cavităților în obiecte din oțel și aliaje refractare
Wolfram și molibden	Stabilitate ridicată la eroziune electrică	Preț de cost ridicat. Prelucrabilitate limitată	Executarea orificiilor de secțiune foarte mică și debitarea obiectelor din oțel și aliaje refractare cu electrod filiform sau sub formă de bandă
Pulberi de W-Cu, W-Ag sau Mo-Cu	Stabilitate relativ mare la eroziune electrică. Rezistență mecanică mare Prelucrabilitate mecanică satisfăcătoare	Materiale scumpe și deficitare. Realizarea materialului exclusiv prin metalurgia pulberilor	Executarea orificiilor de secțiune redusă. Prelucrări miniaturale
Fontă	Preț de cost redus. Stabilitate relativ bună a prelucrării în cazul asigurării unei mișcări de lucru ajutătoare	Uzură relativă mare. Stabilitatea prelucrării este asigurată numai la puteri relativ mici	Prelucrare cu electrod rotativ a aliajelor dure și altor materiale. Prelucrări preliminare prin copierea formei electrodului la puteri relativ mici
Grafit pentru eroziune electrică	Stabilitate ridicată la eroziune electrică. Stabilitate bună a prelucrării obiectelor din oțel, fonte albe și aliaje refractare și stabilitate satisfăcătoare a prelucrării obiectelor din carburi metalice, în cazul asigurării unei mișcări de lucru ajutătoare. Prelucrabilitate mecanică bună. Greutate specifică mică	Puterea electrică introdusă în spațiul de lucru limitată. Elaborare exclusiv prin metalurgia pulberilor. Stabilitate necorespunzătoare a prelucrării obiectelor din carburi metalice prin copierea formei electrodului. Preț de cost ridicat, în special la executarea unui număr mic de electrozi identici. Rezistență mecanică relativ mică.	Executarea cavităților cu geometrie complexă și adînci în producția de serie. Prelucrări de finisare la suprafețe mari. Electrozi a căror formă permite o prelucrare ușoară și de mare productivitate

Lungimea părţii active a electrozilor de străpungere plini se ia de 1,5—2 ori lungimea orificiului de executat (la electrozi din cupru pentru obiecte din aliaj dur) şi de 8—10 mm, independent de lungimea orificiului (la electrozi din grafit pentru obiecte de prelucrat din oţel). La electrozii tubulari şi din tablă se recomandă ca grosimea minimă a pereţilor să fie mai mare de 0,7—1 mm, pentru evitarea uzurii exagerate a acestora. Lungimea părţii active se ia, în astfel de cazuri, de 4—10 ori lungimea orificiului de executat.

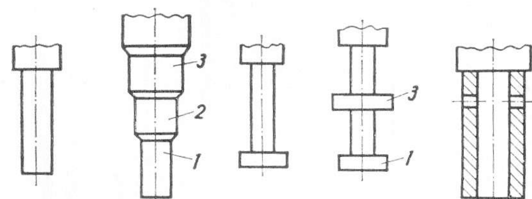


Fig. 13.8. Construcţii caracteristice ale electrozilor utilizaţi la executarea orificiilor străpunse:

1 — porţiune de degroşare; *2* — porţiune de semifinisare; *3* — porţiune de finisare

La prelucrarea cavităţilor prin copierea formei spaţiale a electrodului, profilul părţii active a electrodului reprezintă imaginea conjugată a profilului cavităţii de executat cu corecţia dimensională impusă de relaţia (13.1). Date fiind greutăţile ce intervin în evacuarea naturală a produselor eroziunii din spaţiul de lucru, în aceşti electrozi se execută canale pentru circularea forţată a lichidului dielectric (fig. 13.9). Orificiile de ieşire a canalelor pe suprafaţa activă a electrodului se plasează pe părţile cele mai proeminente şi respectiv pe porţiunile înclinate ale acesteia. Distanţa între două orificii alăturate se ia de 20—50 mm.

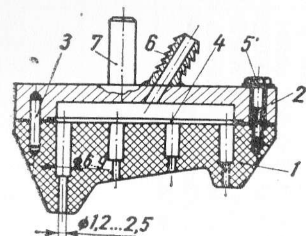


Fig. 13.9. Construcţia caracteristică a electrodului utilizat la executarea cavităţilor prin copiere:

1 — partea activă; *2* — partea auxiliară; *3* — ştift de centrare; *4* — garnitură de etanşare; *5* — şurub de asamblare a părţilor activă şi auxiliară; *6* — ajutaj pentru circularea forţată a lichidului dielectric; *7* — coadă de prindere a electrodului în capul de lucru al maşinii

Electrozii pentru prelucrarea orificiilor şi cavităţilor cu mişcare de pătrundere de translaţie circulară (v. şi fig. 13.14 şi 13.28) au particularitatea că distanţa dintre suprafaţa exterioară a electrodului şi pereţii orificiului, respectiv cavităţii de prelucrat, variază periodic în timpul prelucrării. Excentricitatea mişcării circulare e (fig. 13.10) se calculează cu relaţia (13.5) şi are, în mod obişnuit, valori cuprinse între 0,02 şi 2 mm.

La prelucrarea cavităţilor pe periferia corpurilor de revoluţie este caracteristică mişcarea de rulare, fără alunecare, a electrodului în raport cu obiectul prelucrării (fig. 13.11). Corecţia dimensiunilor radiale şi axiale ale cavităţilor se realizează prin modificarea corespunzătoare a distanţei dintre axa longitudinală a electrodului şi centrul secţiunii transversale a obiectului şi, respectiv, prin deplasarea corespunzătoare a electrodului după direcţia axei longitudinale a obiectului de prelucrat. Corecţia dimensiunilor tangenţiale se efectuează prin rularea cu alunecare a electrodului în raport cu obiectul prelucrării (fig. 13.12).

Fixarea pe maşină a electrozilor pentru prelucrarea prin copiere se realizează astfel:

— la electrozii metalici uşori şi de configuraţie simplă, printr-o coadă, care face corp comun cu partea activă;

— la electrozii metalici grei şi de configuraţie complicată, printr-o coadă executată, separat, care se ataşează părţii active prin îmbinare demontabilă sau nedemontabilă;

— la electrozi cu partea activă din grafit, printr-o piesă auxiliară din oţel, solidarizată de partea activă a electrodului prin îmbinări mecanice sau prin lipire cu adeziv.

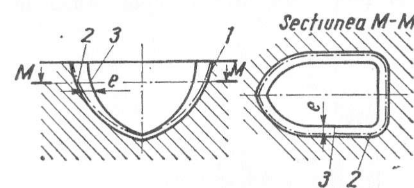


Fig. 13.10. Schema de dimensionare a electrodului la generarea suprafeţei prelucrate prin rulare:

1 — profilul suprafeţei de prelucrat; *2* — poziţia electrodului la sfîrşitul prelucrării; *3* — profilul electrodului; e — excentricitatea mişcării circulare

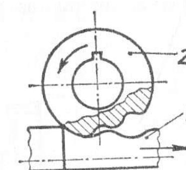


Fig. 13.11. Generarea suprafeţei prelucrate prin rulare:

1 — electrod; *2* — obiectul de prelucrat

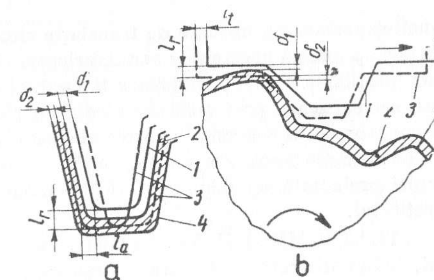


Fig. 13.12. Corecţia dimensiunilor radiale, tangenţiale şi axiale ale cavităţilor executate prin rulare:

a — în secţiunea transversală a cavităţii; *b* — în secţiunea longitudinală a cavităţii; *1* — poziţia electrodului la prelucrare preliminară; *2* — profilul cavităţii după prelucrarea, preliminară *3* — poziţia electrodului după deplasările de corecţie a dimensiunilor radiale, tangenţiale şi axiale ale cavităţii; *4* — profilul cavităţii după prelucrarea de corecţie; δ_1, δ_2 — interstiţiile de lucru la prelucrarea preliminară şi, respectiv, de corecţie; l_r, l_a şi l_t — deplasările de corecţie, a dimensiunlor radiale, axiale şi, respectiv tangenţiale

Ca electrozi filiformi sau sub formă de bandă se folosesc fire, respectiv benzi, cu diametrul 0,05—0,5 mm la cupru şi alamă şi sub 0,1 mm la wolfram şi cu grosimea de 0,1 — 0,3 mm, la alamă şi 0,6—1 mm la oţel.

Electrozii rotativi se execută sub formă de disc, cu suprafaţa activă periferică (pentru debitare şi profilare) sau frontală (pentru rectificare plană) şi sub formă cilindrică (pentru rectificare cilindrică şi profilare). La discurile pentru debitare, grosimea se ia de 0,8—2 mm, iar diametrul cît mai mare posibil. La discurile pentru profilare, respectiv rectificare plană (fig. 13.13), este caracteristică executarea pe suprafeţele active a unor canale (lăţimea 2—3 mm şi adîncimea 6—8 mm) pentru alimentarea continuă şi uniformă cu lichid dielectric a spaţiului de lucru. Fixarea pe maşină a electrozilor disc se realizează similar cu fixarea pietrelor de rectificare prin aşchiere.

Principalele metode şi procedee de execuţie, respectiv recondiţionare a electrozilor, sînt:

— La materiale metalice: turnare (în special în forme metalice), forjare, matriţare la cald sau la rece, extrudare, ambutisare, metalurgia pulberilor, aşchiere, metalizare

eroziune chimică și electrochimică, ajustare manuală. Pentru electrozii din cupru se recomandă matrițarea la cald, urmată de calibrare la rece (în producția de serie) și prelucrare prin așchiere, cu ajustare manuală (în producția individuală);

— La grafit pentru eroziune electrică: prelucrarea prin așchiere pe mașini universale, cu ajustare manuală (în producția individuală) și prelucrare prin așchiere pe mașini-

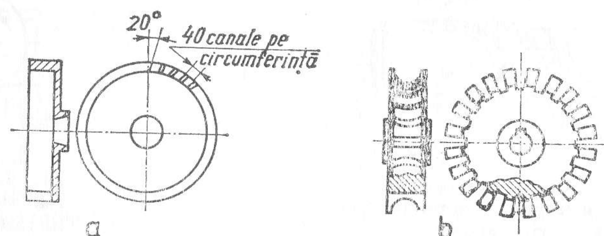


Fig. 13.13. Electrozi disc:
a — pentru rectificare plană; *b* — pentru profilare

unelte speciale, cu mișcare de translație circulară în plan transversal al sculei și copierea formei spațiale a acesteia în semifabricatul electrodului (în producția de serie). În ultimul caz, profilarea sculei așchietoare la configurația conjugată electrodului ce trebuie executat, se realizează prin eroziune electrică. Neregularitățile suprafeței prelucrate prin eroziune reprezintă elementele active ale sculei așchietoare. Deși scula se execută din oțeluri de construcție netratate termic, modificările structurale ale materialului de la suprafața sculei prelucrată cu descărcări electrice asigură creșterea de duritate necesară așchierii grafitului.

13.2.2.5. MEDIUL DE LUCRU. Principalele funcții ale mediului de lucru (de obicei, lichid dielectric) sînt asigurarea caracterului localizat și de impuls a introducerii energiei primare electrice la suprafața obiectului prelucrării, dirijarea repartiției energiei impulsurilor de curent electric între obiectul prelucrării și electrod și evacuarea produselor eroziunii din spațiul de lucru. Condițiile impuse mediului de lucru sînt: conductivitate electrică și durată de deionizare reduse, viscozitate corespunzătoare condițiilor date ale prelucrării, pasivitate chimică în raport cu materialele electrodului și obiectului prelucrării, stabilitate chimică la acțiunea descărcărilor electrice prin impuls, securitate în exploatare și preț de cost redus.

Cele mai utilizate lichide de lucru pentru prelucrarea prin eroziune electrică sînt prezentate, cu indicarea domeniului de aplicare în tabelul 13.7. Prelucrarea prin contact electric în regimuri de degroșare se realizează în aer.

13.2.2.6. DISPOZITIVE. Pentru bazarea și fixarea electrodului și a obiectului prelucrării pe mașina de prelucrare se folosesc dispozitive principial similare celor ce echipează mașinile de prelucrare prin așchiere. Modificările constructive ce intervin sînt impuse, în principal, de necesitatea conectării sau izolării electrice a diferitelor elemente și mecanisme, în conformitate cu cerințele procesului de eroziune și tehnicii securității muncii.

Tabelul 13.7

Lichide de lucru utilizate la prelucrarea prin eroziune electrică

Mediul		Avantajele	Dezavantajele	Domeniul de aplicare
Natura	Denumirea			
Anorganic	Apă distilată	Intensificarea procesului de prelucrare cu generatoare de impulsuri RC la frecvențe mari. Murdărirea minimă a spațiului de lucru cu produse de piroliză. Evacuarea favorabilă a produselor eroziunii prin convecție cu H_2 și O_2. Nu se carburează suprafața prelucrată. Calități de exploatare foarte bune. Preț de cost redus	Necesitatea unor generatoare de impulsuri specializate. Posibilitatea apariției unor procese electrolitice. Posibilitatea oxidării suprafeței prelucrate	Prelucrare cu electrod filiform în condițiile: $W_i < 10^{-3}$ J; $t_i < 1{,}5\mu s$, $I_m = 0{,}2...0{,}8$ A. Prelucrarea materialelor semiconductoare
Organic	Apă industrială Soluții și suspensii apoase	Murdărire minimă a spațiului de lucru. Preț de cost redus. Nu se carburează suprafața prelucrată	Îmbătrînire rapidă. Consum mare de energie și coroziunea suprafeței prelucrate datorită proceselor electrochimice	Prelucrări de degroșare, în special la generarea mecanică a impulsurilor
	Petrol lampant Ulei de transformator	Formarea peliculelor protectoare de grafit cristalin pe suprafața electrodului. Evacuarea favorabilă a produselor eroziunii	Murdărirea lichidului dielectric cu cenușă fin dispersată. Saturarea suprafeței prelucrate cu carbon Inflamabilitate	Prelucrări de degroșare și finisare a materialelor metalice industriale cu orice tip de generator de impulsuri
	Alcooli etilic, metilic, butilic	Murdărire redusă a spațiului de lucru	Punct de inflamabilitate coborît	Prelucrări de precizie, cu interstiții de lucru mici
Mixt	Emulsii ulei-apă			Prelucrări de degroșare, în special la generarea mecanică a impulsurilor

Ca dispozitive specifice prelucrării prin eroziune electrică se disting:

— dispozitive pentru sporirea productivităţii muncii, reducerea uzurii electrodului şi îmbunătăţirea preciziei prelucrării: capete şi mese oscilante, capete şi mese rotative, capete pentru mişcare de translaţie circulară a electrodului (fig. 13.14), capete multielectrod, filtre pentru lichidul dielectric;

— dispozitive pentru lărgirea posibilităţilor tehnologice ale utilajului existent: capete universale pentru maşinile de prelucrare prin copierea formei spaţiale a electrodului, capete pentru mişcarea elicoidală a electrodului.

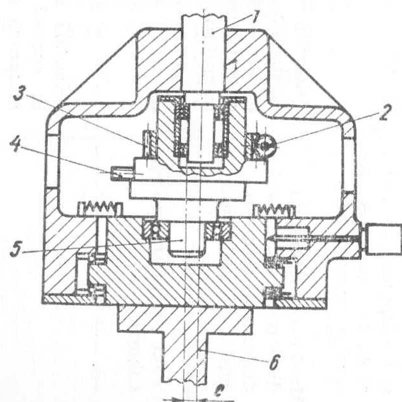


Fig. 13.14. Cap de lucru pentru mişcarea de translaţie circulară a electrodului:
1 — axul de ieşire al sistemului de reglare a interstiţiului; 2 — şurub-melc; *3* — roată melcată; *4* — şurub pentru reglarea excentricităţii; *5* — excentric; *6* — portelectrod

13.2.3. PROCESE TEHNOLOGICE DE PRELUCRARE CARACTERISTICE

13.2.3.1. PRELUCRAREA PRIN COPIEREA FORMEI SPAŢIALE A ELECTRODULUI. **Execuţia şi recondiţionarea matriţelor pentru forjat.** Principala modificare introdusă în structura procesului tehnologic de execuţie a matriţelor pentru forjat de către aplicarea prelucrării prin eroziune electrică constă în faptul că prelucrarea cavităţilor se poate efectua atît înainte, cît şi în urma tratamentului termic al matriţei semifinite. Se elimină, în ultimul caz, necesitatea unei rectificări suplimentare a matriţei pentru înlăturarea deformaţiilor termice determinate de tratament.

De obicei, prelucrarea cavităţilor matriţei se realizează în 1—2 treceri de degroşare şi o trecere de semifinisare, pentru asigurarea unei rugozităţi a suprafeţei R_a=12,5...6,3 μm şi unei precizii de 0,1—0,15 mm.

În cazul matriţelor cu cavităţi multiple, prelucrarea acestora se realizează simultan, utilizînd, ca şi în cazul cavităţilor de dimensiuni mari, alimentarea cu energie electrică prin mai multe circuite de lucru.

Prelucrarea cavităţilor matriţelor, în toate situaţiile indicate, se efectuează cu circularea forţată a lichidului dielectric prin canalele executate în acest scop în electrozi. Electrozii folosiţi la finisare sînt reutilizaţi, în mod repetat, la degroşare.

În mod excepţional, la cavităţile cu volum foarte mare, se preferă o variantă aparte a procesului tehnologic de execuţie a matriţei. La început, în stare netratată a materialului, se aplică prelucrarea de degroşare prin aşchiere pe maşini de frezat universale sau de copiat, lăsîndu-se un adaos de prelucrare pentru eroziune electrică de 2—10 mm, în funcţie de complexitatea configuraţiei cavităţii. Urmează apoi tratamentul termic şi rectificarea suprafeţelor de referinţă ale matriţei, după care se efectuează prelucrarea prin eroziune electrică. Se folosesc electrozi din grafit şi respectiv din cupru, aplicaţi prin lipire cu adezivi electroconductori şi, respectiv, prin depunere electrolitică, pe modele cu configuraţia corespunzătoare, executate din material plastic.

Structura procesului tehnologic de recondiţionare a matriţelor uzate se modifică mai mult prin introducerea prelucrării prin eroziune electrică. Necesitatea tratamentelor termice de recoacere şi respectiv călire este înlăturată. Adîncirea cavităţii prin eroziune electrică se realizează, în mod obişnuit, prin două treceri şi urmează rectificării suprafeţei de bază superioare a matriţei.

Execuţia formelor metalice pentru turnare şi a matriţelor pentru presarea materialelor plastice şi cauciucului. Comparativ cu cavităţile matriţelor de forjat, cavităţile formelor de turnare şi matriţelor pentru materiale plastice se caracterizează prin dimensiuni mai reduse, geometrie mai complicată şi pretenţii calitative mult mai ridicate (rugozitatea suprafeţei R_a = 0,2, precizia 0,03—0,5 mm). Ca urmare este necesar să se acorde o atenţie deosebită poziţionării şi fixării corecte a electrodului, respectiv obiectului prelucrării.

De obicei, prelucrarea prin eroziune electrică urmează unei prelucrări preliminare prin aşchiere, care asigură configuraţia generală simplă a cavităţii. Obţinerea profilului detaliat al cavităţii se realizează printr-un număr mare de treceri (3—5).

Pentru asigurarea unei precizii ridicate de reproducere a formei electrodului în cavitatea matriţei, după ultima trecere se efectuează o prelucrare suplimentară, cu acelaşi electrod, dar la un regim de lucru mai fin. Pentru asigurarea interstiţiului de lucru corespunzător acestui regim şi realizarea prelucrării propriu-zise, electrodul se apropie în mod succesiv, prin deplasări de precizie, în plan orizontal, de suprafeţele cele mai importante ale cavităţii (fig. 13.15).

La cavităţile matriţelor pentru materiale plastice la care este necesară o suprafaţă activă lustruită, prelucrarea prin eroziune electrică este dusă pînă la rugozităţi ale suprafeţei R_a = 3,2...1,6, cu un adaos de prelucrare ulterioară de 0,05—0,1 mm. Acest adaos, uniform distribuit pe contur, este îndepărtat cu uşurinţă prin metodele obişnuite de lustruire. Pentru matriţele de presare a cauciucului, la care este satisfăcătoare suprafaţa mată obţinută prin eroziune electrică, lustruirea ulterioară nu mai este necesară.

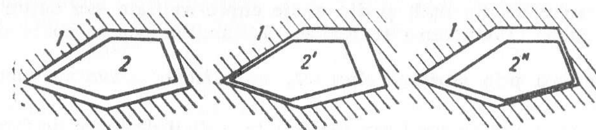


Fig. 13.15. Prelucrare de finisare prin deplasarea succesivă a electrodului înspre suprafeţele şi muchiile principale ale cavităţii:
1 — obiectul prelucrării; *2* — electrod; *2'*, *2''* — poziţii succesive ale electrodului

Execuţia ştanţelor pentru decupat. *Dacă prin eroziune electrică se prelucrează numai placa tăietoare,* schema procesului tehnologic pentru plăci tăietoare cu unul sau mai multe orificii de lucru de aceeaşi formă, însă de configuraţie relativ simplă, în producţia de serie este prezentată în cele ce urmează.

Dacă placa tăietoare se execută din oţel, înainte de tratamentul termic şi rectificarea suprafeţelor de referinţă, se efectuează o prelucrare mecanică de degroşare a orificiului, lăsîndu-se un adaos de 0,5—1 mm pentru finisarea prin eroziune electrică. Dacă placa tăietoare se execută din carburi metalice, orificiul se prelucrează în întregime prin eroziune electrică. În acest caz, trecerile de degroşare (1—2) urmează rectificării suprafeţelor de referinţă şi se realizează cu electrozi tubulari din tablă de cupru, la contururi active de lungime mare sau cu electrozi plini, în trepte, la contururi scurte. Adaosul de finisare este de 0,3...0,5 mm.

Trecerile de finisare se realizează, de obicei, în condiţiile asamblării ştanţei, asigurîndu-se fixarea plăcii de bază inferioare, inclusiv placa tăietoare semifinită pe masa maşinii, fixarea plăcii de bază superioare, cu electrodul ca poanson, în capul de lucru

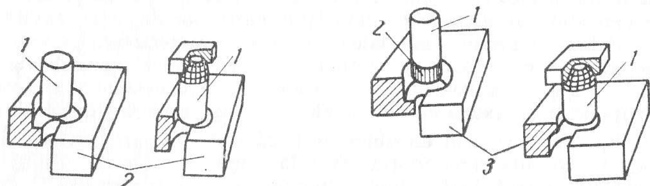


Fig. 13.16. Finisarea suprafeţelor active ale plăcii tăietoare, utilizînd poansonul ca electrod:
1 — poanson; 2 — placă tăietoare

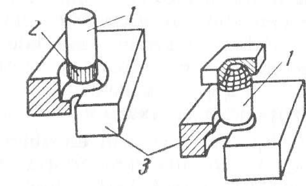


Fig. 13.17. Finisarea suprafeţelor active ale plăcii tăietoare, utilizînd un electrod fixat pe poanson şi rectificat final împreună cu acesta:
1 — poanson; 2 — electrodul propriu-zis; 3 — placa tăietoare

al maşinii şi izolarea, din punct de vedere electric, prin mijloace adecvate, a electrodului în raport cu placa tăietoare semifinită şi masa maşinii. Electrozii se execută din cupru sau grafit (pentru plăci din oţel) şi din aliaje cupru-wolfram sau cupru (pentru plăci din carburi metalice). Prelucrarea se realizează simultan pentru toate orificiile plăcii tăietoare.

După prelucrarea prin eroziune electrică, suprafeţele active ale plăcii se suprafinisează mecanic.

Pentru plăci tăietoare cu unul sau mai multe orificii de lucru de formă diferită şi de configuraţie complexă, în producţia de unicate, în schema indicată mai sus intervin cîteva modificări esenţiale. Astfel, ca electrod (electrozi) pentru trecerea de finisare se foloseşte fie poansonul ştanţei, executat mai lung (numai pentru $h<12$ mm; fig. 13.16), fie o parte activă din grafit sau cupru, fixată cu adezivi de capătul activ al poansonului şi rectificată, în prealabil, împreună cu acesta (fig. 13.17). În acest caz, adaosul de finisare se ia mai mic de 0,3 mm. Interstiţiul dintre poanson şi placă, uniform pe toată periferia conturului orificiului, are mărimea interstiţiului de lucru al prelucrării prin eroziune electrică (în condiţiile date 0,01—0,1 mm). Dacă necesităţile ştanţării impun valori mai mici ale interstiţiului, partea activă a electrodului este supusă unei reduceri dimensionale, realizabilă prin atac chimic (pentru electrozi metalici) sau prin rectificare mecanică (pentru grafit). Ca o consecinţă a tehnologiei expuse, necesitatea lucrărilor de ajustare relativă a profilelor poansonului şi plăcii tăietoare este eliminată.

Dacă prin eroziune electrică se prelucrează placa tăietoare şi poansonul, simultan cu executarea orificiului plăcii tăietoare, printr-una din variantele tehnologice prezentate anterior, se prelucrează şi orificiul unei garnituri de plăci auxiliare (fig. 13.18). Aceste plăci auxiliare, executate dintr-un material corespunzător, servesc ca electrozi cu suprafaţă activă interioară pentru prelucrarea prin copiere a suprafeţei exterioare a poansonului (tratat termic, dacă este cazul, şi prelucrat pînă la rectificarea finală).

Execuţia sculelor aşchietoare profilate armate cu plăcuţe din carburi metalice. Se folosesc electrozi disc din grafit, fontă cenuşie sau alamă (v. fig. 13.13) sau electrozi pieptene executaţi din grafit, profilaţi corespunzător prelucrării dorite (fig. 13.19). De obicei, se prelucrează simultan 2—20 de cuţite, etajate pe verticală (la prelucrarea cu

electrozi disc) şi respectiv distribuiţi pe orizontală (la prelucrarea cu electrozi pieptene). Pentru prelucrarea de profilare, electrozii disc se fixează rigid în capul de lucru al unei maşini universale de prelucrare. După fiecare din cele 5—6 regimuri de lucru aplicate

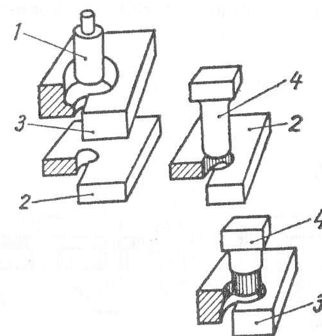


Fig. 13.18. Finisarea suprafeţelor active ale plăcii tăietoare şi poansonului cu electrozi cu suprafeţe active conjugate:
1 — electrod pentru finisarea orificiului de lucru; 2 — electrodul pentru finisarea poansonului; 3 — placă tăietoare; 4 — poanson

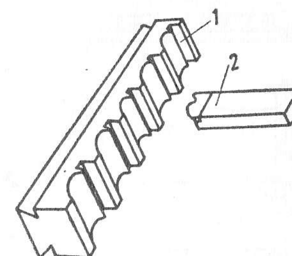


Fig. 13.19. Electrod pieptene pentru prelucrarea de profilare a sculelor aşchietoare:
1 — electrod; 2 — sculă aşchietoare profilată

succesiv, discul se roteşte cu un unghi oarecare, pentru compensarea uzurii, iar sculele de profilat se deplasează în plan orizontal, în sensul apropierii de electrod, pentru asigurarea interstiţiului de lucru corespunzător regimului următor. La prelucrarea cu electrozi pieptene, profilarea se realizează cu 2—3 regimuri de lucru succesive, iar obţinerea interstiţiului necesar eroziunii se asigură prin deplasarea sculelor de profilat.

Independent de electrozii folosiţi, la cuţite mici şi mijlocii prelucrarea începe dinspre partea de oţel, iar la cuţite mari—dinspre plăcuţa de carburi metalice. Înclinările dorite ale suprafeţelor profilate se obţin prin poziţionarea corespunzătoare a semifabricatelor. Feţele sculelor profilate se suprafinisează mecanic.

Execuţia sitelor şi filtrelor metalice cu orificii de orice profil. Principalele particularităţi ale produselor enumerate constau în necesitatea executării unui număr foarte mare de orificii profilate identice, cu aria secţiunii transversale relativ mică, în obiecte de prelucrat cu pereţi subţiri, executate, cel mai des, din oţeluri inoxidabile.

Prelucrarea acestor orificii se realizează pe maşini universale sau specializate şi se caracterizează prin utilizarea unor electrozi cu părţi active multiple, respectiv a unui număr mare de circuite de lucru. În mod obişnuit, se prelucrează simultan 24—2 000 orificii.

13.2.3.2. PRELUCRAREA PRIN DECUPARE CU ELECTROD FILIFORM. **Execuţia ştanţelor pentru decupat.** Tehnologia de prelucrare a elementelor active ale ştanţelor cuprinde următoarele etape:

— Executarea unui orificiu tehnologic cu diametrul de 1—3 mm, pentru introducerea electrodului filiform; orificiul se plasează în partea care se îndepărtează a obiectului prelucrării, cît mai aproape de conturul de decupat.

— Decuparea, după conturul impus, pe bază de şablon sau comandă program a orificiului de lucru al plăcii tăietoare respectiv a profilului exterior al poansonului.

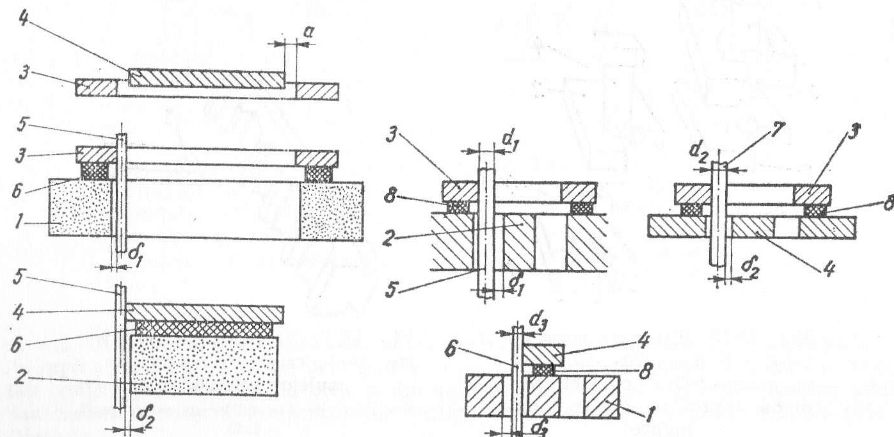


Fig. 13.20. Decuparea orificiului de lucru al plăcii tăietoare şi a poansonului utilizînd două şabloane cu profile de lucru conjugate, executate prin prelucrare mecanică:

1 — placă tăietoare; *2* — poanson; *3* — şablon pentru decuparea orficiului plăcii tăietoare; *4* — şablon pentru decuparea poansonului; *5* — electrod filiform; *6* — peliculă se clei electroizolant; *a* — jocul lateral între suprafeţele conjugate ale şabloanelor *3* şi *4*

Fig. 13.21. Decuparea orificiului de lucru al plăcii tăietoare şi al poansonului utilizînd un singur şablon executat prin prelucrare mecanică:

1 — placă tăietoare; *2* — poanson; *3* — şablon pentru decuparea poansonuui şi a şablonului pentru decuparea orificiului plăcii tăietoare; *4* — şablon pentru decuparea orificiului de lucru al plăcii tăietoare; *5, 6* şi *7* — electrozii filiformi; *8* — peliculă de clei electroizolant

În cazul folosirii şabloanelor, decuparea plăcii tăietoare şi, respectiv, a poansonului se poate face după şabloane conjugate, profilate interior şi, respectiv, exterior prin prelucrare mecanică (fig. 13.20). În mod obişnuit însă se execută prin prelucrări mecanice numai un singur şablon (pentru placă sau pentru poanson) şi pe baza acestuia se execută, prin prelucrare cu electrod filiform de diametru adecvat şi regimuri de lucru corespunzătoare, cel de-al doilea şablon şi, respectiv, elementul activ conjugat (fig. 13.21). Pentru mărirea preciziei de prelucrare, şabloanele se fixează pe suprafaţa obiectului de prelucrat cu ajutorul unei pelicule uniforme de clei electroizolator cu grosimea 0,5—0,8 mm.

La ştanţele la care interstiţiul nominal între poanson şi placa tăietoare are valori relativ mari (0,1—0,4 mm) este posibilă executarea simultană a acestora, din acelaşi semifabricat, printr-o singură trecere de prelucrare cu electrod filiform. Lăţimea dorită a tăieturii se obţine, în acest caz, prin alegerea judicioasă a diametrului electrodului şi regimului de lucru.

— Finisarea feţelor active ale plăcii tăietoare şi poansonului, care se realizează printr-o a doua trecere de prelucrare, utilizînd aceleaşi şabloane ca şi pentru decupare, dar electrozi şi regimuri diferite. Întrucît după finisare, rugozitatea suprafeţelor este de ordinul R_a = 1,6...0,8 (precizie 0,002 mm), se impune supranetezirea prin aşchiere

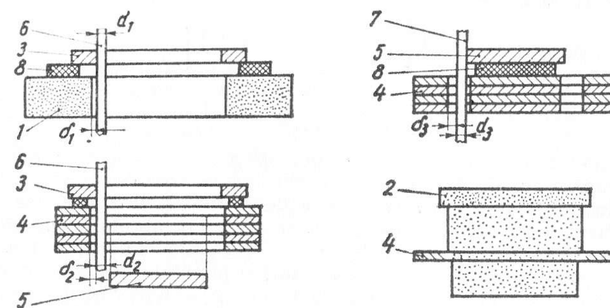


Fig. 13.22. Executarea orificiului plăcii tăietoare prin decupare cu electrod filiform şi executarea poansonului prin copierea suprafeţei active a unui electrod placă:

1 — placă tăietoare; *2* — poanson; *3* — şablon pentru decuparea orificiului plăcii tăietoare; *4* — electrozi-placă cu suprafaţă activă interioară; *5* — şablon pentru decuparea orificiului activ a electrozilor-placă de degroşare; *6* şi *7* — electrozi filiformi; *8* — peliculă de clei electroizolant

a suprafeţelor active. În mod obişnuit se folosesc electrozi din alamă şi cupru, cu diametre de 0,05—0,5 mm şi electrozi din wolfram cu diametrul de 0,03—0,1 mm.

În cazuri determinate, se execută prin prelucrare cu electrod filiform numai placa tăietoare. Pentru executarea poansonului se foloseşte prelucrarea prin copiere cu electrozi sub formă de plăci, avînd suprafaţa activă interioară prelucrată prin decupare simultan cu placa tăietoare (fig. 13.22). Rezultă interstiţiul între poanson şi placă de ordinul a 0,015—0,04 mm.

13.2.4. ELEMENTE DE PROIECTARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE

Eficacitatea tehnico-economică maximă a prelucrării electroerozive se realizează în procesele de copiere a formei spaţiale a electrodului, care, de altfel, deţin în prezent majoritatea absolută în tehnologia de prelucrare. Datorită acestui fapt, elementele de proiectare ale proceselor tehnologice, prezentate orientativ în cele ce urmează, se vor referi exclusiv la prelucrarea prin copiere a formei electrodului.

Stabilirea materialului electrodului. Se au în vedere criteriile enunţate la 13.2.2.4 şi posibilităţile de execuţie a electrodului disponibile.

Determinarea numărului de treceri. Trecerea reprezintă prelucrarea cu un electrod a obiectului prelucrării. În principiu obţinerea dimensiunilor suprafeţei de prelucrat în cîmpul de toleranţă impus este realizabilă prin:

— prelucrarea într-o singură trecere, cu stabilirea dimensiunilor electrodului în funcţie de particularităţile procesului de eroziune la care acesta este supus în timpul prelucrării;

— prelucrarea în mai multe treceri, folosind electrozi dimensionaţi fără a se ţine seama de uzura lor în procesul de prelucrare; această variantă, fundamentală la prelucrarea suprafeţelor de configuraţie complicată, asigură, la un număr suficient de treceri, o concordanţă satisfăcătoare între suprafaţa prelucrată şi cea proiectată.

În cazul cel mai general, numărul de treceri

$$n = \frac{\log\left[\frac{H}{AK}(1 - uN) + uN\right]}{\log\left(\frac{1 - uN + uNK}{uNK}\right)}, \tag{13.2}$$

unde: H este adîncimea de prelucrare în porţiunea cu uzura electrodului maximă în valoare absolută, mm; dacă uzura este constantă pe toată suprafaţa transversală a cavităţii de prelucrat H reprezintă adîncimea de prelucrare cea mai mare; u — uzura relativă volumetrică a electrodului pe porţiunea cu uzură absolută maximă, %; A — abaterea limită admisibilă la dimensiunile suprafeţei prelucrate cauzată de uzura electrodului, mm; în mod obişnuit A se ia aproximativ jumătate din adaosul de prelucrare postoperaţional, dar nu mai mult de 0,2—0,3 mm; N — numărul obiectelor de prelucrat iar

$$K = \frac{1 - (1 - uN)(1 + u)^N}{uN[(1 + u)^N - 1]}. \tag{13.3}$$

În fig. 13.23 se dau două nomograme, construite pe baza relaţiilor (13.2) şi (1.3.3 pentru u = 0,2% (fig. 13.23, *a*) şi u = 2% (fig. 13.23, *b*), care au ca parametru pe

$$K_f = \frac{H}{A}. \tag{13.4}$$

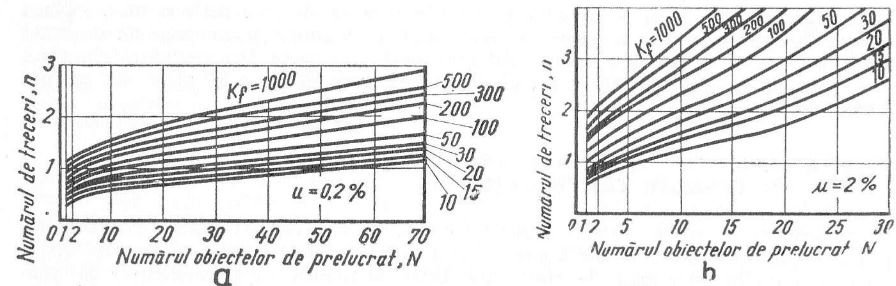


Fig. 13.23. Nomograme pentru determinarea numărului de treceri la prelucrarea prin eroziune electrică

Astfel de nomograme servesc la determinarea numărului de treceri n pentru N şi K_f date şi, respectiv, pentru determinarea numărului de piese N, care pot fi realizate cu un singur electrod pînă la uzarea acestuia la limita admisă de A.

Stabilirea regimurilor de lucru. Independent de echipamentul de alimentare cu energie electrică utilizat, regimul de lucru la prelucrarea prin eroziune electrică poate fi carac-

terizat prin puterea electrică mijlocie introdusă în spaţiul de lucru P_m. Aceasta este determinată de valorile mijlocii ale tensiunii U_m şi curentului I_m, care la rîndul lor depind, în ultimă instanţă, de energia, frecvenţa şi coeficientul de umplere a impulsurilor de curent electric din spaţiul de lucru.

Obţinerea calităţii impuse a suprafeţei prelucrate, într-un timp minim, determină necesitatea aplicării unei succesiuni de regimuri de lucru de degroşare şi de finisare.

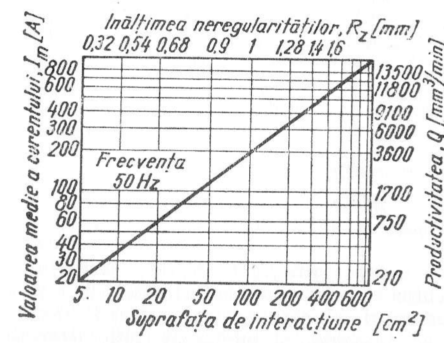


Fig. 13.24. Nomogramă pentru determinarea regimurilor de degroşare la prelucrarea pe maşini universale echipate cu generatoare de impulsuri magnetice

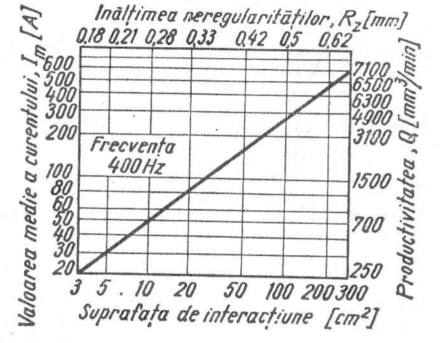


Fig. 13.25. Nomogramă pentru determinarea regimurilor de degroşare la prelucrarea pe maşini universale echipate cu generatoare de impulsuri rotative

La prelucrarea de degroşare, căreia i se afectează cea mai mare parte a adaosului de prelucrare total, se urmăreşte asigurarea unei productivităţi maxime.

Stabilirea regimului de degroşare se face pe baza unor programe de tipul celor reprezentate în fig. 13.24—13.26.

În timpul prelucrării de degroşare trebuie avut în vedere că suprafaţa de interacţiune electrod-obiectul prelucrării poate varia în limite largi. Pentru asigurarea desfăşurării în condiţii optime a procesului de eroziune este necesară şi modificarea corespunzătoare a regimului de lucru.

La prelucrarea de finisare se urmăreşte obţinerea calităţii impuse a suprafeţei prelucrate, într-un timp cît mai scurt. În consecinţă, se reduce energia şi durata şi se măreşte frecvenţa impulsurilor de curent electric, iar adaosul de prelucrare se ia cît mai mic posibil. Numărul şi condiţiile de realizare a comutărilor de regimuri de lucru la finisare sînt determinate de calitatea suprafeţei rezultată după degroşare, respectiv impusă pentru finisare, şi de geometria prelucrării.

Deşi posibilă, trebuie evitată aplicarea unor regimuri de lucru de supranetezire, întrucît productivitatea prelucrării scade extrem de mult la rugozităţi ale suprafeţelor inferioare lui R_a = 1,6...0,8 (fig. 13.27). Aceasta se referă, în special, la prelucrarea semifabricatelor din carburi metalice, la care cerinţele impuse calităţii suprafeţei (lipsa tensiunilor şi microfisurilor în straturile de suprafaţă) determină, în majoritatea cazurilor, necesitatea unei supraneteziri mecanice.

Una din dificultăţile practice legate de comutarea regimurilor de lucru de la degroşare la finisare, în cazul suprafeţelor prelucrate cu porţiuni paralele sau puţin înclinate

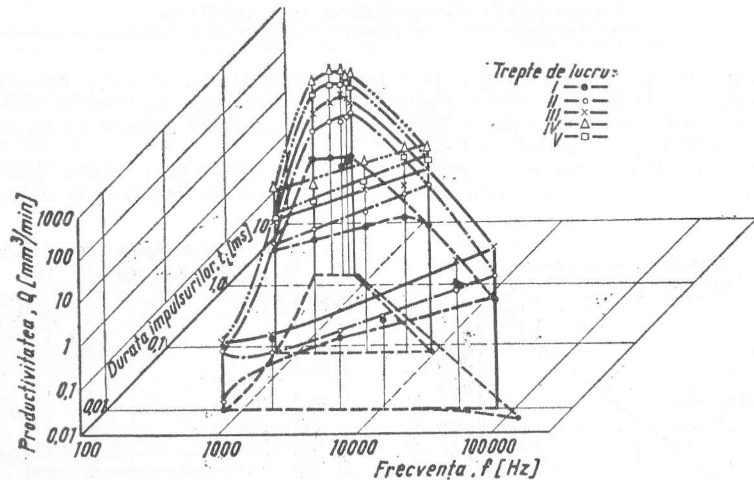


Fig. 13.26. Nomogramă pentru determinarea regimurilor de degroșare la prelucrarea pe mașini universale echipate cu generatoare de impulsuri cu semiconductori

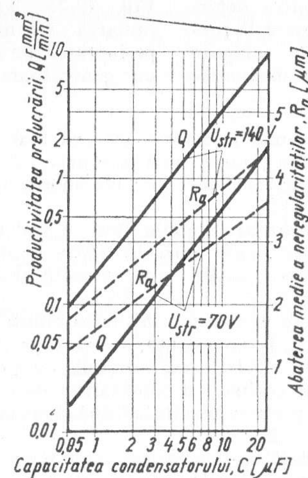


Fig. 13.27. Caracteristici tehnologice ale prelucrării prin eroziune electrică a unor obiecte din carburi metalice pe mașini universale echipate cu generatoare de impulsuri RC

în raport cu direcția mișcării de avans de pătrundere, constă în micșorarea inevitabilă a interstițiului de lucru. Procesul de eroziune continuă pe suprafețele perpendiculare pe direcția mișcării de pătrundere, dar se întrerupe pe suprafețele laterale, unde se păstrează rugozitatea obținută la degroșare. Problema poate fi soluționată prin introducerea unei treceri suplimentare cu electrod de finisare de dimensiuni corespunzătoare. Rezultă însă un consum sporit de electrozi și mărirea considerabilă a duratei prelucrării. La mașinile prevăzute cu masă în coordonate este posibilă realizarea succesivă a prelucrării de finisare de-a lungul conturului transversal al suprafeței de prelucrat prin apropierea succesivă (de obicei după 3–6 direcții) a obiectului prelucrării și electrodului la mărimi corespunzătoare ale interstițiului de lucru (v. fig. 13.15).

Soluția optimă constă în folosirea unui dispozitiv cu mișcare de translație circulară a electrodului (v. fig. 13.14). Excentricitatea mișcării circulare (v. fig. 13.10).

$$e = Z + \delta_1 - \delta_2 \qquad (13.5)$$

unde: Z este adaosul de prelucrare pentru finisare; δ_1 — interstițiul de lucru maxim la degroșare; δ_2 — interstițiul de lucru minim la finisare. În acest caz, pe lîngă compensarea diferenței interstițiilor de lucru la degroșare și la finisare, se obține mărirea sensibilă a productivității, deoarece prelucrarea se desfășoară mai stabil și se reduce prețul de cost al prelucrării cu circa 50–60% în raport cu prelucrarea în mai multe treceri. Reglarea corespunzătoare a excentricității permite, de asemenea, corectarea dimensiunilor suprafeței în procesul de prelucrare.

Stabilirea adaosurilor de prelucrare și a dimensiunilor electrodului. Condiția fundamentală la stabilirea adaosurilor de prelucrare este îndepărtarea la fiecare trecere a stratului de material de calitate și precizie necorespunzătoare rezultat în urma prelucrării anterioare. Adaosul de prelucrare unilateral minim

$$Z_{2min} = h_{s1} + R_{z1} + A_{pr1} + A_{po2}, \qquad (13.6)$$

unde: indicele 1 se referă la trecerea anterioară, iar 2 la trecerea curentă; h_s — adîncimea stratului modificat structural; R_z — înălțimea neregularităților suprafeței prelucrate; A_{pr} — abaterea de precizie determinată de procesul de prelucrare; A_{po} — abaterea de precizie determinată de poziționarea obiectului prelucrării și electrodului.

În tabelul 13.8 se indică orientativ, în funcție de dimensiunile suprafeței prelucrate suma abaterilor A_{pr} (exclusiv abaterile determinate de imprecizia de execuție a elec-

Tabelul 13.8

Suma abaterilor de precizie determinate de procesul de prelucrare (exclusiv abaterile determinate de imprecizia execuției electrodului) și de poziționarea obiectului prelucrării și electrodului, mm

Materialul obiectului prelucrat	Materialul electrodului	Abateri de precizie la prelucrarea prin eroziune electrică (exclusiv abaterile determinate de imprecizia dimensiunilor electrodului) pentru dimensiuni liniare ale suprafeței prelucrate de mm:					
		25	50	100	200	400	800
Oțel	Aluminiu	0,04	0,05	0,06	0,11	0,2	0,4
Aliaje refractare	Cupru	0,04	0,04	0,045	0,06	0,1	0,16
	Grafit	0,04	0,05	0,055	0,1	0,16	0,32
Carburi metalice	Cupru	0,04	0,05	0,054	0,1	—	—
	Grafit	0,04	0,04	0,045	0,06	—	—

trozilor) şi A_{po}. În această situaţie, la prelucrarea suprafeţelor profilate mici şi mijlocii (100–200 mm) este posibilă obţinerea obişnuită a unei precizii globale de ordinul 0,015–0,1 mm, în special prin reducerea corespunzătoare a lui A_{po}. Se recomandă ca abaterea de precizie a execuţiei electrodului să reprezinte 30–50% din A_{pr}.

Valorile maxime ale adîncimii stratului modificat structural h_s sînt date, pentru prelucrarea cu descărcări în arc, în tabelul 13.9, iar pentru prelucrarea cu descărcări în scînteie – în tabelul 13.10.

Tabelul 13.9

Valori maxime ale adîncimii h_s a stratului de suprafaţă modificat structural la prelucrarea cu descărcări electrice în arc, în regimuri de degroşare, mm

Frecvenţa impulsurilor de curent electric Hz	Valoarea curentului mediu în spaţiul de lucru I_m, A:										
	10	20	50	100	200	300	400	500	600	800	1 000
50	0,2	0,35	0,42	0,47	—	0,63	0,73	—	0,8	—	0,94
100	0,15	0,2	—	0,31	0,36	0,54	—	0,6	—	0,9	—
400	0,06	—	0,2	0,23	0,26	0,3	0,47	0,53	0,6	—	—

Observaţie. Obiectul prelucrării OL 45, electrod din cupru electrolitic.

Tabelul 13.10

Valori maxime ale adîncimii h_s a stratului de suprafaţă modificat structural la prelucrarea cu descărcări electrice în scînteie, mm

Regimul de prelucrare					h_s	
Tensiunea de mers în gol a generatorului de impulsuri U_{gol} V	Capacitatea condensatorului acumulator de energie C µF	Tensiunea de străpungere U_{str} V	Curentul de scurtcircuit al generatorului de impulsuri I_{sc} A	Valoarea medie a curentului în spaţiul de lucru I_m A	Suprafaţa frontală	Suprafaţa laterală
220	4	120–130	2	1	0,02...0,14	pînă la 0,08
220	90	110–140	12	6	0,06...0,2	pînă la 0,08
220	210	120–150	18	9	0,2...0,3	0,09...0,14
220	300	100–130	30	18	0,8...1,65	0,11...0,3

Observaţie. Obiectul prelucrării OSC 8; electrod Am 59.

Stabilirea dimensiunilor electrodului se face pe baza adaosului de prelucrare determinat cu relaţia (13.6) şi a distanţei Δ, calculate cu relaţia (13.1).

Calculul timpului de prelucrare pe maşină. Principial, timpul de prelucrare pe maşină

$$t_b = \frac{HA_m}{Q} = \frac{V}{Q} \quad [\text{min}], \tag{13.7}$$

unde: H este adîncimea maximă a cavităţii de prelucrare, mm; A_m – aria mijlocie a proiecţiei orizontale a suprafeţei de interacţiune electrod-obiectul prelucrării, mm²; V – volumul de material ce trebuie îndepărtat prin eroziune electrică, mm³; Q – productivitatea prelucrării, mm³/min. Întrucît prelucrarea se face pe mai multe regimuri de lucru, se calculează întîi timpii parţiali corespunzători diferitelor adaosuri de prelucrare, prin însumarea cărora se obţine t_b. În practică, metodica de calcul este diferită pentru regimurile de degroşare şi respectiv de finisare.

Astfel, timpul de degroşare se calculează pe baza interdependenţei dintre viteza mişcării de avans de pătrundere v, mm/min, şi suprafaţa de interacţiune electrod-obiectul prelucrării (fig. 13.28). Adîncimea totală de prelucrare H se divide în segmentele H_1, H_2 ... H_n pentru care ariile suprafeţelor prelucrate pot fi considerate constante şi egale, respectiv, cu A_1, A_2 ... A_n. Corespunzător acestora, din fig. 13.28. rezultă vitezele v_1, v_2 ... v_n. Prin însumarea duratelor de prelucrare parţiale se obţine t_b pentru degroşare.

$$t_{b1} = \frac{v_1}{H_1}; \quad t_{b2} = \frac{v_2}{H_2} \ldots t_{bn} = \frac{v_n}{H_n} \quad [\text{min}]. \tag{13.8}$$

Timpul de finisare se calculează pe baza duratei specifice de netezire t_s, min/cm², definită ca timpul necesar pentru netezirea unei suprafeţe prelucrate de 1 cm² de la rugozitatea iniţială (existentă) la rugozitatea finală (impusă). În acest scop se folosesc

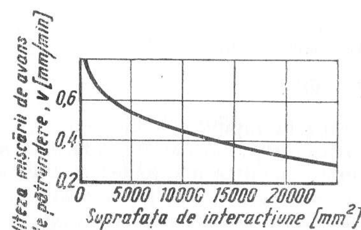


Fig. 13.28. Dependenţa vitezei mişcării de pătrundere de mărimea suprafeţei de interacţiune electrod-obiectul prelucrării

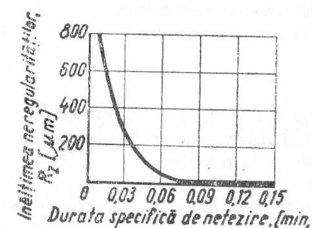


Fig. 13.29. Diagrama pentru determinarea duratei specifice de netezire

diagrame de tipul celei prezentate în fig. 13.29. Timpul de finisare t_b se obţine din produsul duratei specifice t_s, obţinută din fig. 13.29, cu aria suprafeţei de interacţiune electrod-obiectul prelucrării. În calcule mai precise se va ţine seama de variaţia lui t_s cu mărimea suprafeţei de prelucrat.

13.3. PRELUCRAREA DIMENSIONALĂ PRIN EROZIUNE CU PLASMĂ

13.3.1. PROPRIETĂȚILE PLASMEI ŞI FENOMENE CARACTERISTICE

Plasma este un mediu gazos aflat la un grad ridicat de disociere şi ionizare, considerat în ansamblu un mediu neutru din punct de vedere electric (suma sarcinilor electrice negative fiind practic egală cu cea a sarcinilor pozitive). Natura mediului gazos şi gradul de ionizare determină temperatura plasmei, care variază în limite foarte largi de la temperaturile mediului ambiant (plasma din tuburile cu descărcări în gaze rarefiate) pînă la milioane de grade Kelvin (plasma nucleară). În construcția de maşini se foloseşte plasma de 6 000–30 000 K. În acest domeniu de temperaturi, plasma se obține în mod obişnuit din cea realizată în coloana arcului electric căreia i se ridică temperatura prin comprimare radială. La arcul electric liber, în condiții de funcționare stabilă, energia electrică W_e transformată în căldură în unitatea de timp şi pe unitatea de lungime a coloanei arcului este egală cu cea schimbată cu mediul ambiant de acelaşi element de coloană în acelaşi timp:

$$W_e = E_c I, \tag{13.9}$$

unde: E_c este intensitatea cîmpului electric în coloana arcului; iar I – intensitatea curentului.

Căldura Q cedată prin radiație (la temperatura înaltă a coloanei, convecția se poate neglija) este proporțională cu aria de schimb (considerată ca suprafața cilindrică laterală a elementului de lungime egală cu unitatea şi de rază r_c) $A = 2\pi r_c 1$ şi cu diferența $\theta_1^4 - \theta_2^4$ unde θ_1 este temperatura, K, coloanei şi θ_2 cea a mediului ambiant. Deci

$$Q = kr_c(\theta_1^4 - \theta\ ), \tag{13.10}$$

unde k este o constantă.

Raza coloanei arcului liber creşte pînă la satisfacerea condiției

$$E_c I = kr_c(\Theta_1^4 - \Theta_2^4). \tag{13.11}$$

Dacă se păstrează E_c, I şi Θ_2 la valori constante şi se impune coloanei o rază r_c mai mică, temperatura Θ_1 va creşte, determinînd şi creşterea corespunzătoare a gradului de ionizare. Rezultă că la o putere electrică dată şi la o anumită lungime a coloanei arcului se poate produce plasmă de temperatură dorită. Aceasta se realizează în generatoare de plasmă (plasmatroane) în care coloana arcului este obligată, sub acțiunea unui jet de gaz, să treacă printr-un spațiu limitat de orificiul unei duze cu perete răcit.

În principiu, un plasmatron (fig. 13.30) este constituit dintr-un electrod, E, din wolfram aliat cu toriu şi duza D_z, montate pe corpul C şi răcite printr-un circuit de răcire cr. Gazul g, necesar obținerii plasmei, este introdus cu debitul q, dm³/min, în camera generatorului, axial, prin orificii executate în izolația electrică I_z, sau lateral, printr-o conductă tangențială.

Arcul electric de lungime $h_1 + h_2 + h$, realizat între electrod şi obiectul prelucrării OP, va fi caracterizat de o mare concentrare a energiei în axa coloanei. Concentrarea energiei în zona axială este atribuită unor fenomene termice şi electromagnetice:

– răcirea periferiei arcului de către peretele duzei produce o modificare a cîmpului termic, determinînd micşorarea gradului de ionizare a gazelor în zona răcită, ceea ce

reduce conductivitatea electrică în această zonă şi măreşte densitatea de curent în zona centrală a coloanei;

– mărirea curentului în centrul coloanei determină în secțiunea transversală a acesteia o creştere a forțelor electromagnetice exercitate asupra liniilor de curent şi

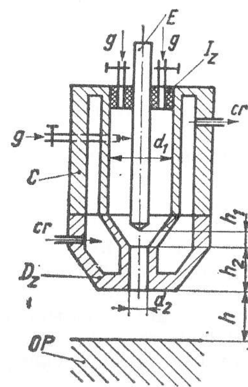


Fig. 13.30. Schema de principiu a unui generator de plasmă

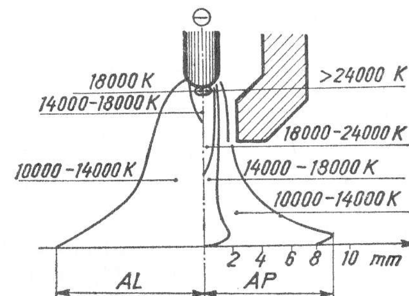


Fig. 13.31. Repartizarea temperaturilor medii în arcul liber şi în arcul cu plasmă: AL – arc liber în argon la $U = 14{,}5$ V şi $I = 200$ A; AP – arc de plasmă în argon la $U = 29$ V, $I = 200$ A şi $q = 19$ dm³/min

orientate înspre axa arcului, ceea ce duce la o creştere şi mai mare a constricției radiale.

Cele două efecte interdependente stabilesc starea de echilibru la care plasma ocupă partea centrală a canalului duzei şi este izolată de peretele acesteia printr-un strat tubular de gaz mai rece. Acest strat, datorită gradientului termic ridicat şi conductivității termice şi electrice mici se comportă ca un ecran termic şi electric care asigură menținerea temperaturii ridicate în zona centrală. În fig. 13.31 se arată comparativ temperaturile medii în diferitele zone ale arcului liber în argon AL şi ale arcului de plasmă AP în argon, la acelaşi curent.

13.3.2. UTILAJ PENTRU PRELUCRAREA CU PLASMĂ

13.3.2.1. GENERATOARE DE PLASMĂ. **Generatorul propriu-zis.** După modul în care se realizează descărcarea, generatoarele de plasmă pot funcționa în două variante principial distincte (fig. 13.32):

– cu arc de plasmă AP, cînd arcul arde între electrod (catod) şi obiectul prelucrări (anod), trecînd prin duză (arc transferat);

– cu jet de plasmă JP, cînd arcul arde între electrod (catod) şi duză (anod), plasma fiind suflată de către presiunea gazului în exterior, sub formă de jet (arc suflat); în acest caz, pata anodică poate să fie plasată în interiorul duzei (fig. 13.32, *a*—arc netransferat intern) sau în exteriorul acesteia (fig. 13.32, *b*—arc netransferat extern).

La o variantă a jetului de plasmă, pentru mărirea eficacităţii jetului, se suprapune, în afara plasmatronului, un arc de curent alternativ între duze şi obiectul prelucrării. Jetul de plasmă poate fi obţinut şi dintr-un arc de curent alternativ realizat între doi electrozi de wolfram şi suflat prin duză de către gazul plasmagen.

Cel mai des folosit este arcul de plasmă, la care se utilizează şi căldura petei anodice dezvoltată pe obiectul prelucrării.

Jetul de plasmă se foloseşte în cazuri particulare, şi anume:

— la prelucrarea materialelor neconducătoare de curent electric;

— ca mijloc de amorsare a arcului de plasmă, cînd realizează condiţii de încălzire a electrodului şi de ionizare a camerei plastmaronului, uşurînd transferarea ulterioară a arcului;

— ca stabilizator (arc pilot) al arcului de plasmă, caz în care îl însoţeşte pe acesta în tot timpul prelucrării.

În tabelul 13.11 se prezintă caracteristicile tehnice ale unor generatoare de plasmă elaborate în R.S.R. la Centrul de sudură şi încercări la oboseală — Timişoara al Academiei.

Sursa de alimentare cu energie electrică. Sursa de curent cea mai frecvent utilizată în prezent la instalaţii cu putere utilă pînă la 50 kW o constituie două (trei) grupuri convertizoare sau redresoare, de tipul celor folosite la sudarea cu arc electric descoperit, legate în serie şi prevăzute uneori cu sisteme suplimentare de mărire a pantei caracteristicilor externe. Au fost construite grupuri convertizoare speciale care alimentează instalaţii cu putere pînă la 100 kW, precum şi redresoare speciale care asigură

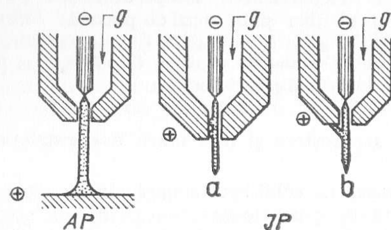


Fig. 13.32. Variantele de funcţionare a generatoarelor de plasmă:

AP — arc de plasmă; *JP* — jet de plasmă; *a* — cu arc netransferat intern; *b* — cu arc netransferat extern

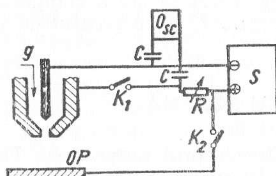


Fig. 13.33. Schema de principiu a alimentării cu energie electrică a plasmatroanelor:

S — sursă de curent; O_{sc} — oscilator de înaltă tensiune şi frecvenţă; *C* — condensatoare de cuplare; K_1, K_2 — întrerupătoare; *R* — rezistenţă variabilă

caracteristici superioare şi parametri ce pot fi reglaţi în trepte, acoperind o gamă largă de puteri, pînă la 200 kW, la un randament ridicat al sursei. Sursele trebuie prevăzute cu dispozitive speciale de amorsare a descărcării, de obicei oscilatoare de înaltă frecvenţă (fig. 13.33).

Sistemul de alimentare cu gaz plasmagen. Alimentarea cu gaz se face de la butelii de presiune înaltă, prevăzute cu regulatoare, sau cu ajutorul unor pompe speciale.

Tabelul 13.11

Caracteristici tehnice ale unor generatoare de plasmă construite în R.S.R.

Caracteristicile	Tipul generatorului			
	CCT-4	CCT-5	CCT-6	CCT-7
Destinaţia generatorului	Pentru tăiere	Pentru tăiere şi sudare		
Greutatea (fără conducte), kg	0,8	1,2	1,4	1,6
Puterea, kW	15	25...30	45	60
Curentul maxim, A	150—200	170—200	300	400
Gazul plasmagen	Argon + azot sau azot	Azot+aer	Azot + aer	Azot + aer
Consumul apă de răcire, l/min	4	4	5	8
Diametrul ajutajului, mm	3	4,5	4,5	4,5
Durata de utilizare a ajutajului, h	30—50	40—100	100—200	80—150
Materialul ajutajului	Cupru	Cupru	Cupru	Cupru
Materialul electrodului	Wolfram calibrat	Wolfram calibrat	Wolfram calibrat	Wolfram calibrat
Diametrul electrodului, mm	3—4	4—6,3	6,3	6,3—8
Uzura electrodului, mm/h	0,2	0,1	0,2	0,2

Gazul sau amestecul de gaze folosit se alege în funcţie de condiţiile economice impuse de funcţionarea stabilă a generatorului, de tipul operaţiei şi natura materialului prelucrat. Stabilitatea descărcării şi durabilitatea duzei cer folosirea unor gaze monoatomice (argon şi heliu). Operaţiile tehnologice care cer un mare transfer de căldură la obiect impun folosirea unor gaze biatomice, mai ieftine (hidrogen, azot), care disociază în coloana arcului şi se recombină la obiectul prelucrării. Natura obiectului condiţionează natura gazului, funcţie de reacţiile dorite sau nedorite ce pot avea loc între ele.

În cele mai economice regimuri se folosesc amestecuri de gaze, unele introduse axial, altele tangenţial la presiuni şi cu debite care variază de la caz la caz. Uneori poate fi folosit aer, vapori de apă, amoniac.

13.3.2.2. DISPOZITIVE AUXILIARE. Pentru realizarea prelucrărilor cu plasmă, deplasarea relativă a plasmatronului faţă de material se poate face manual sau mecanizat, cu utilizarea unor dispozitive similare cu cele de la tăierea cu oxigen. Deplasarea mecanizată se impune la tăierea cu arc de plasmă la care este importantă distanţa duză-obiectul prelucrării. La jetul de plasmă, această distanţă poate fi redusă pînă la contactul dintre material şi duză, ceea ce permite deplasarea manuală a plasmatronului.

13.3.2.3. FENOMENE CARACTERISTICE CARE INFLUENŢEAZĂ REGIMURILE DE PRELUCRARE CU GENERATOARE DE PLASMĂ. Regimurile de prelucrare cu plasmă sînt condiţionate de mai mulţi parametri interdependenţi. Neexistînd

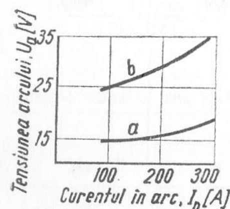


Fig. 13.34. Caracteristica statică a arcului:
a — arc WIG în argon; *b* — arc de plasmă în argon (q = 2 dm³/min; d_2 = 2,5 mm)

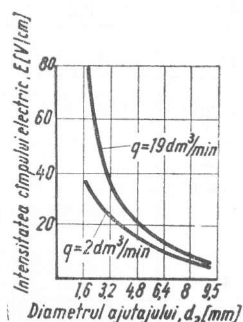


Fig. 13.35. Variaţia gradientului E axial cu diametrul d_2 al ajutajului, la q = const, în argon

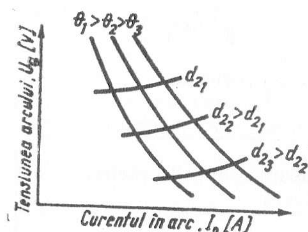


Fig. 13.36. Interdependenţa între U_a, I_p, θ_{max} şi d_2 în arcul de plasmă

încă metode de calcul, stabilirea regimului de lucru se face experimental, pe baza unor principii generale de care trebuie să se ţină seama:

— Tensiunea necesară menţinerii aceluiaşi curent este mai mare în arcul de plasmă faţă de arcul WIG (wolfram, inert, gaz; fig. 13.34).

— La acelaşi curent tensiunea arcului de plasmă depinde de q şi de d_2 (fig. 13.55).

— Diametrul duzei d_2 influenţează hotărîtor relaţia între tensiunea arcului U_a curentul electric în plasmă I_p şi temperatura maximă θ a plasmei. Această interdependenţă se prezintă calitativ în fig. 13.36.

— Comprimarea arcului de plasmă nu poate fi făcută decît în anumite limite. La un diametru d_2 dat corespunde o intensitate de curent critică, de la care, datorită ionizării excesive, apare un arc perturbator între electrod — pereţii duzei — obiectul prelucrării, care distruge duza şi stabilitatea descărcării. La acelaşi diametru al duzei, curentul critic depinde de natura gazului şi de dimensiunile h, h_1, h_2, astfel încît el se plasează într-o zonă critică (fig. 13.37).

— Forma şi dimensiunile duzei determină şi debitul minim de gaz necesar funcţionării stabile a generatorului.

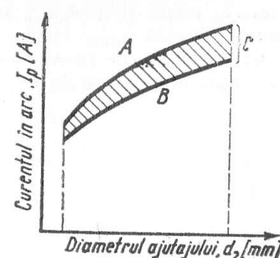


Fig. 13.37. Variaţia curentului critic în funcţie de diametrul d_2:
A — zona arcului perturbator; *B* — zona arcului de plasmă; *C* — zona critică

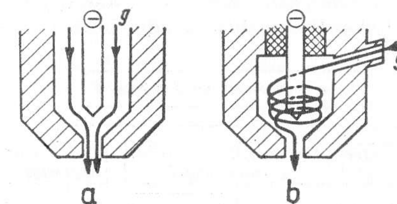


Fig. 13.38. Tipuri de curgere a jetului de gaz:
a — axială; *b* — tangenţială

— Stabilitatea arcului este condiţionată şi de curgerea gazului, care este laminară în cazul insuflării axiale (stabilizarea longitudinală, fig. 13.38, *a*) sau turbionară (stabilizarea tangenţială, fig. 13.38, *b*);

— Forma şi dimensiunile secţiunii transversale a jetului de plasmă pot fi dirijate prin folosirea unor duze multicanal, la care în jurul canalului principal se insuflă, prin canale axiale suplimentare, gaz pentru protecţia şi dirijarea jetului.

13.3.3. UTILIZAREA PLASMEI ÎN PRELUCRAREA DIMENSIONALĂ

Prelucrarea dimensională cu plasmă urmăreşte executarea mai raţională a unor operaţii realizate cu mijloace clasice de generare a temperaturilor înalte şi, mai ales, extinderea domeniilor şi depăşirea limitelor de aplicare ale acestora. Principalele aplicaţii ale prelucrării cu plasmă se prezintă în fig. 13.39.

În cele ce urmează se vor prezenta elemente caracteristice pentru operaţiile cele mai răspîndite: tăierea prin eroziune cu plasmă şi acoperirea prin pulverizare cu plasmă (pentru sudare v. 10.5.7.1).

13.3.3.1. TĂIEREA MATERIALELOR CU PLASMĂ. Tăierea cu plasmă se aplică, în special, la prelucrarea oţelurilor inoxidabile şi a metalelor neferoase uşor oxidabile, unde sînt limitate posibilităţile tăierii cu oxigen. Spre deosebire de tăierea cu oxigen, aplicabilă numai la prelucrarea metalelor care au temperatura de ardere mai mică decît cea de topire (produsele arderii fiind îndepărtate din tăietură sub formă de oxizi), tăierea cu plasmă se poate realiza la orice material, prin încălzirea pînă la topire a unui strat limitat din acesta şi suflarea lui din tăietură de către jetul de gaz.

La tăiere se poate aplica atît arcul de plasmă, cît şi jetul de plasmă.

În cazul unui generator de plasmă dat, stabilirea regimului optim de tăiere cu arc de plasmă a unui anumit material este o operaţie complicată care, pînă în prezent se face experimental, comportînd corelarea parametrilor plasmei (tensiune, curent, natura şi debitul gazului plasmagen) şi a vitezei de tăiere cu caracteristicile tăieturii (forma şi dimensiunile secţiunii transversale, calitatea suprafeţei, adîncimea zonei influenţate termic).

Forma tăieturii, la alţi parametri constanţi, depinde de viteza de tăiere, putîndu-se determina o viteză optimă v_0 la care lăţimea tăieturii în partea superioară b_s este egală

cu lăţimea tăieturii în partea inferioară b_i (fig. 13.40). Viteza v_0 poate fi depăşită atunci cînd nu se pune condiţia $b_s = b_i$ însă numai pînă la o anumită limită v_{max}, la care tăietura nu mai este pătrunsă ($b_i = 0$). Variaţia formei tăieturii cu viteza de tăiere se datoreşte poziţiei petei anodice în adîncimea tăieturii. La o anumită grosime de material,

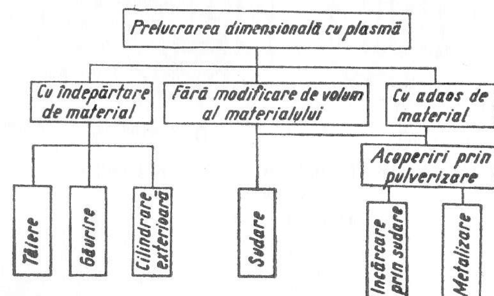


Fig. 13.39. Clasificarea operaţiilor de prelucrare dimensională cu plasmă

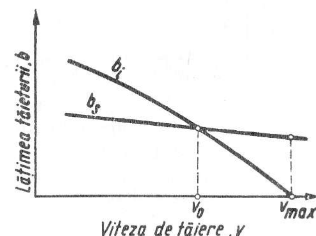


Fig. 13.40. Variaţia lăţimii tăieturii în funcţie de viteza de tăiere

pata anodică se mută cu atît mai sus, cu cît viteza este mai mare. Pata anodică nu ocupă o poziţie fixă în adîncimea tăieturii. Ea oscilează în jurul unei adîncimi medii cu o frecvenţă de cîţiva zeci de hertzi. Acest fenomen determină apariţia unor asperităţi pe suprafaţa tăiată. Mărimea acestora este influenţată de natura gazului (în ordinea crescîndă: H_2, N_2, aer).

Zona influenţată termic la tăierea cu plasmă este mai mică decît cea rezultată la tăierea cu oxigen. Aceasta se datoreşte gradientului termic relativ mai ridicat.

Pentru orientare generală se dau regimurile de tăiere ale oţelului inoxidabil (tabelul 13.12) şi ale aluminiului (tabelul 13.13).

În afară de oţeluri inoxidabile, aluminiu şi aliajele lui, cu plasmă se pot tăia, în condiţii bune, cuprul, magneziul şi aliajele lor.

Oţelul carbon se poate tăia şi cu oxigen şi cu plasmă. Pînă la 30–40 mm grosime, viteza de tăiere şi lăţimea tăieturii sînt favorabile tăierii cu plasmă; peste această grosime tăierea cu oxigen este mai economică.

13.3.3.2. ACOPERIRI PRIN PULVERIZARE CU PLASMĂ. Pentru executarea acoperirilor se introduce în plasmă materialul de adaus sub formă de sîrmă sau de pulbere antrenată de un gaz de transport. Materialul topit la temperatura înaltă a plasmei este proiectat de jetul de gaz plasmagen pe suprafaţa de prelucrat.

Dacă se foloseşte arcul de plasmă (de cele mai multe ori însoţit de arc auxiliar), între materialul depus şi materialul de bază se realizează o legătură de natură metalurgică, procedeul fiind similar cu cel cunoscut sub denumirea de încărcare prin sudare.

Dacă se foloseşte jetul de plasmă, zona superficială a obiectului nu ajunge la temperatura de topire, astfel încît legătura dintre stratul depus şi piesă se bazează mai mult pe efecte mecanice. Picăturile topite şi proiectate pe suprafaţa piesei se infiltrează în rugozităţile acesteia şi, prin solidificare, se fixează, procedeul fiind similar cu cel cunoscut sub denumirea de metalizare.

Tabelul 13.12

Regimuri de tăiere cu plasmă a oţelului inoxidabil

Compoziţia gazului	Debitul q, m³/h	Grosimea tablei δ, mm	Curentul I_p, A	Tensiunea U_a, V	Viteza de tăiere v, m/h	Tipul de oţel
Argon 65% + hidrogen 35%	2,8	6,3	400	60	200	7NC180 (STAS R 4400-64)
	5,6	12,7	380	107	120	
	5,6	19	380	110	70	
	2,8; 5,6	25,4	500;600	80; 110	50; 60	
	2,8; 5,6	38	600; 620	80; 115	40; 50	
	2,8; 5,6	51	700	85; 120	30; 40	
	5,6	76	700	130	40	
	8,4	101,6	700	160	10	
Azot 71% + hidrogen 29%	4,2	60	500	150	25–30	10TNC (STAS R 4400-64)
	4,2	100	550	182	12–20	
Argon + aer + apă	0,3–0,72 15 (6...12) 10^{-3}	3–20	150–300	65–80	50–30	–
		20–30	350–400	80–90	32–22	
		30–40	380–420	80–95	24–16	
		40–50	420–500	85–95	16–12	
		50–60	500–550	95–110	12–10	

Tabelul 13.13

Regimuri de tăiere cu plasmă a aluminiului

Compoziţia gazului	Debitul q, m³/h	Grosimea tablei δ, mm	Curentul I_p, A	Tensiunea U_a, V	Viteza de tăiere v, m/h
	1,7	6,3	400	70	460
	1,7	12,7	400	65	230
	2	19	350	70	115
Argon 65% + hidrogen 35%	2	25,4	400	72	76
	2	38	400	80	53
	2,8	51	700	87	38
	5,6	76	700	96	30
	8,4	101,6	700	155	20
	8,4	127	700	170	12
	6,8	150	480	170—195	5,4—6,3
	8	170	510	175—200	5,1—6,0
Argon 50% + hidrogen 50%	10	200	560	180—205	4,5—5,1
	11	220	670	185—210	3,9—4,5
	12	250	730	190—215	3,6—3,9
	2,2	6	250—260	70—75	120
	2,2	10	250—260	70—85	96
Argon 44% + amoniac 56%	2,6	20	250—260	90—95	60
	3,7	40	300	110—115	32
	4,6	50	320	120—125	12
		8—20	180—380	50—75	50—60
		22—30	380—450	80—90	45—55
Argon + aer + + apă	0,3—0,72 15 (6...12)10^{-3}	30—40	400—450	85—95	24—32
		40—50	450—500	90—110	24—18
		50—80	500—600	130—135	16—19

Pentru pulverizare se folosesc instalaţii cu gaze plasmagene inerte, asemănătoare cu cele utilizate la tăiere, cu deosebirea că în camera arcului se introduce, printr-un orificiu suplimentar, gazul de transport cu pulbere (de exemplu, azot la o presiune de 1—1,5 daN/cm²). Circuitul de pulbere este format dintr-un sistem distribuitor-regulator, a cărui funcţionare este dirijată corelat cu parametrii plasmei, temperatura apei de răcire, caracteristicile pulberii (granulaţie, constante termofizice), grosimea stratului depus şi viteza de depunere, în m²/h. Diametrul maxim al pulberii este limitat de condiţia topirii sale în timpul în care pulberea parcurge plasma. Diametrul minim este limitat de condiţia păstrării pulberii în stare topită (înainte de vaporizare). Ţinînd seama de constantele termofizice ale materialelor, temperatura medie a plasmei şi timpul mediu de proiectare a particulelor, diametrul maxim al pulberilor din materiale refractare variază de la 26 µm la ZrO_2 pînă la 280 µm la W pur.

În general pot fi utilizate toate materialele pulverizate prin procedeele obişnuite, caracteristicile depuse fiind mai bune la prelucrarea cu plasmă (mai dense şi mai aderente). Pulverizarea cu plasmă se face cu viteză mai mare la temperaturi mai ridicate şi poate fi executată în atmosferă densă sau controlată, ceea ce o recomandă în special la prelucrarea materialelor refractare şi a celor avide de oxigen. Pot fi pulverizate metale pure (Cr, Ti, W, Ni, Cd, Mo), aliaje de Si, B, Br, Cr-Ni, carburi (TiC, B_4C, WC) boruri (TiB, TiB_2, ZrB, MoB), oxizi de Al, Ti, Zr, cermeţi (ZrB-Cr, Ni; WC-Fe, Cr, Ni, Al, Si; MgO-Ni).

Tipul de pulbere utilizat şi regimul de prelucrare se stabilesc în funcţie de calitatea dorită a stratului depus. Orientativ se prezintă în tabelul 13.14 regimuri de pulverizare, proprietăţi şi posibilităţi de utilizare a unor acoperiri cu plasmă.

Distanţa dintre plasmatron şi obiectul prelucrării variază între 30—120 mm şi influenţează calitatea stratului depus; distanţele mici îmbunătăţesc aderenţa şi densitatea acoperirii, dar măresc tensiunile interne în materialul pulverizat; distanţele mari au efecte inverse.

În cazul acoperirilor ceramice este necesară pulverizarea unui strat intermediar de 0,1—0,3 mm pentru îmbunătăţirea aderenţei. Se utilizează (în ordinea calităţii): aliaje Ni-Cr; Mo; aliaje de Ni-Al; Al.

13.4. PRELUCRAREA PRIN EROZIUNE ELECTROCHIMICĂ

13.4.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Prelucrarea electrochimică, unde prelevarea de material se datorește efectului chimic al curentului electric, reprezintă o metodă relativ nouă în tehnica actuală, care a trecut de la faza de experiment la o aplicare industrială din ce în ce mai largă.

Principalele avantaje ale metodei sînt: productivitatea mai mare în raport cu alte metode, o suprafaţă prelucrată de calitate superioară, lipsa transformărilor structurale şi a tensiunilor superficiale, obţinerea unor piese în stare finită, eliminînd prelucrările ulterioare, ceea ce nu este posibil la alte metode.

Procedeele de prelucrare bazate pe eroziunea datorită efectului chimic al curentului electric sînt foarte variate. O clasificare generală a acestor procedee se prezintă în tabelul 13.15 şi tabelul 13.16. Dintre aceste procedee, o mai largă răspîndire au primit-o operaţiile de lustruire şi reproducere, bazate pe depasivarea naturală, prelucrarea dimensională a suprafeţelor complexe din cadrul operaţiilor cu depasivare hidrodinamică. Prelucrarea prin eroziune electrochimică abrazivă şi-a găsit aplicaţii, în special, la operaţii de finisare şi suprafinisare a suprafeţelor plane, cilindrice şi profilate.

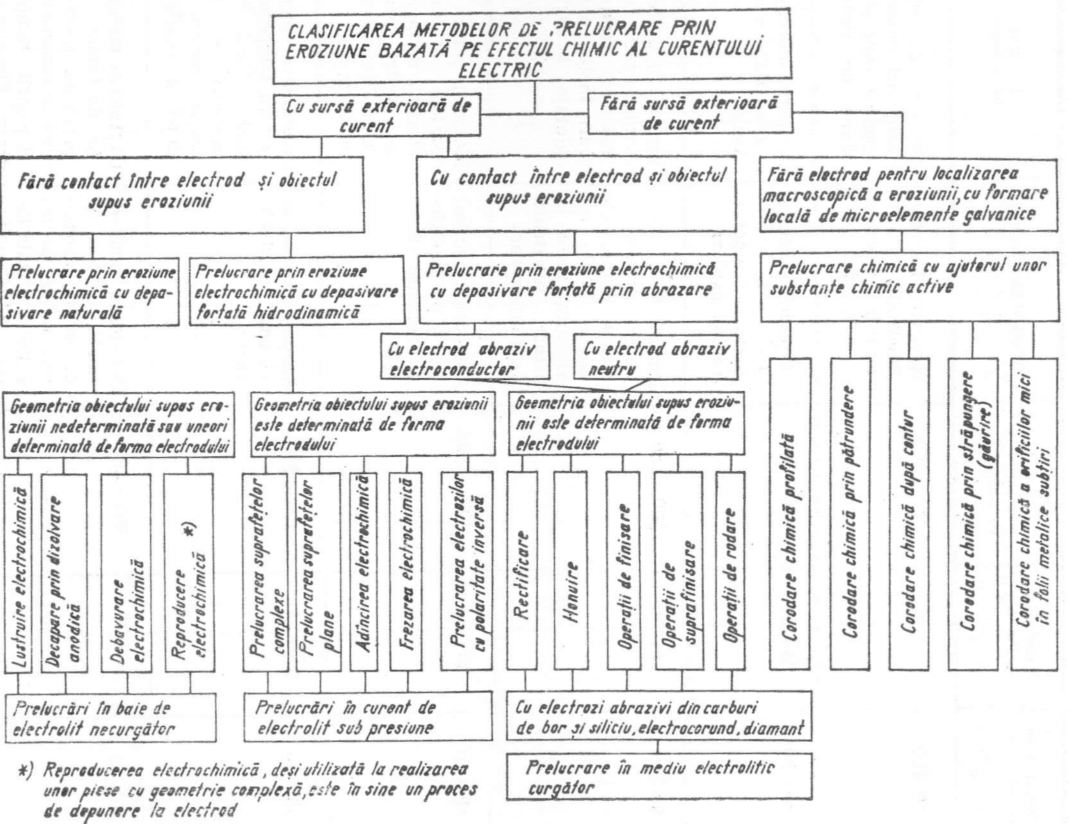
Materialul pulverizării	Granulația μm	Temperatura de topire θt °C	Gaz plasmagen		Gaz transportor	
			Natura gazului	Debitul q dm³/min	Natura gazului	Debitul q dm³/min
W curgător	20–40	3380	N_2	2	N_2	1,2
W fin	5–15	3380	Ar	30	N_2	1,2
WC	20–40	2850	N_2	2	N_2	1,2
Mo	5–20	2622	Ar	30	N_2	1,2
WC-TiC 50%...50%	1–10	3000	Ar	30	N_2	1,2
Al_2O_3	15–40	2030	Ar	30	N_2	0,8

Tabelul 13.14

Pulverizarea cu plasmă

Distanța de pulverizare mm	Tensiunea arcului U_a V	Curentul electric în plasmă I_p A	Proprietățile stratului depus	Exemple de utilizare
70–100	75–60	300–350	Acoperiri lucioase, maleabile, rezistente la temperaturi și oxidări	Straturi de uzură acoperiri refractare pentru vane și supape de motoare
30–50	24–20	350–390	Acoperiri lucioase, maleabile, rezistente la temperaturi și oxidări	Acoperiri foarte dense la contacte electrice
80–120	75–60	300–350	Rezistență la frecare, aderență foarte bună, cu adaos de Co rezistență mare la uzură, rezistență la temperatură	Straturi de protecție contra uzurii, rezistențe la temperaturi înalte pentru ajutaje la rachete
40–60	26–24	300–350	Aderențe foarte bune și pe suprafețe lucioase de oțel.	Material pentru suprafețe de rulare straturi de protecție contra uzurii, strat intermediar de aderență
30–50	26–24	300–350	Acoperiri dense, aderență satisfăcătoare	Conductori electrici pentru temperaturi înalte (fără WC), acoperiri de protecție contra căldurii și oxidării
30–50	24–20	350–400	Rezistență bună la uzură, căldură și coroziune, capacitate redusă de reacție cu metale topite, refractaritate mare și conductivitate termică redusă	Căptușirea creuzetelor de topire, acoperiri de protecție contra coroziunii și depășirii temperaturii. Piese în contact cu metal lichid

Tabelul 13.15



Tabelul 13.16

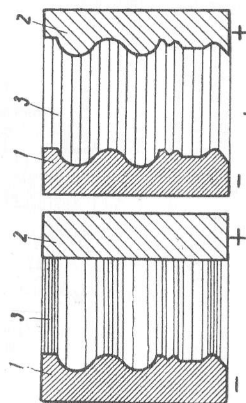
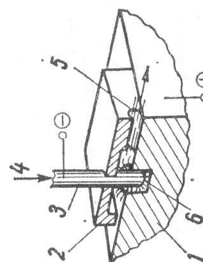
Scheme principiale şi aplicaţii ale metodei electrochimice de prelucrare

Schema de principiu	Denumirea operaţiei şi domeniul de utilizare	Tipul piesei prelucrate		Mediul de lucru
		Forma	Materialul	
1—baia de electroliză; 2—electrolit; 3—piesa; 4—catod; 5—strat de oxizi	Curăţirea suprafeţelor de oxizi metalici (ţunder) prin dizolvare anodică (decapare anodică)	Orice formă	Practic orice material metalic	Soluţii de diferiţi acizi sau săruri
1—piesa de lustruit; 2—catod; 3—garnitură izolată	Lustruirea electrică a suprafeţelor metalice la piesele fasonate (armături). Se produce o dizolvare anodică a unui strat de pe suprafaţa interioară a piesei	Armături diferite, supape, clapete, piese de racordare, colţare, teuri etc.	Oţeluri aliate	Amestec de acizi: fosforic, sulfuric şi cromic

Tabelul 13.16 (continuare)

Schema de principiu	Denumirea operației și domeniul de utilizare	Tipul piesei prelucrate		Mediul de lucru
		Forma	Materialul	
1—ieșirea electrolitului; 2—placă catodică; 3—intrarea electrolitului; 4—suprafața supusă netezirii; 5—piesa (anod)	Netezirea electrochimică a asperităților suprafețelor plane, prelucrarea suprafețelor plane	Orice formă	Metale și aliaje feroase	Soluție de clorură de natriu
1—ieșirea electrolitului; 2—racord pentru curent la anod; 3—baia de electrolit; 4—țeavă (anod); 5—catod; 6—inele de sprijin izolant	Polizarea electrolitică a țevilor scurte	Țevi	Oțeluri aliate	Amestec de acizi: azotic, fosforic, cromic
1—banda sau conductorul de lustruit; 2—baia de spălare; 3—baia de degresare; 4—baia de lustruire; 5—catod; 6—a doua baie de spălare	Lustruirea continuă a benzilor, sîrmelor și platbandelor prin metoda bipolară. Se produce dizolvarea anodică a unui strat de pe suprafața conductorului în mișcare continuă	Conductori și benzi de orice lungime	Oțeluri carbon și oțeluri aliate	Amestec de electroliți tari: fosforic, sulfuric și cromic
1—baia de electrolit; 2—catod; 3—electrolit; 4—piesă (anod)	Reproducerea electrochimică a grilelor. Operația este analogă cu gravarea electrochimică, și cu prelucrarea chimică	În special table și foițe subțiri	Orice metal sau aliaj omogen	Soluții de diferiți acizi sau săruri

Tabelul 13.16 (continuare)

Schema de principiu	Denumirea operației și domeniul de utilizare	Tipul piesei prelucrate: Forma	Tipul piesei prelucrate: Materialul	Mediul de lucru
 1—catod; 2—anod; 3—liniile de cîmp electric; a—înaintea prelucrării; b—după prelucrare	Profilarea electrochimică a pieselor metalice. Dizolvarea este mai intensă în porțiunile mai apropiate de catod ca urmare a unei rezistențe mai mici a coloanei de electrolit	Piese cu axă de simetrie sau fără simetrie (profile active la palete de turbine)	Metale și aliaje de construcție	Soluții de acid clorhidric sau clorură de sodiu
 1—piesă; 2—carcasă; 3—electrod-sculă tubular (catod); 4—intrarea electrolitului; 5—ieșirea electrolitului; 6—orificiul obținut prin dizolvare	Găurirea electrochimică și prelucrarea diferitelor cavități în piese metalice. Dizolvarea este limitată la porțiunea frontală activă a catodului tubular	Orice formă	Metale și aliaje feroase. Aliaje dure și extradure	Soluții de clorură de sodiu

13.4.2. PRINCIPII DE BAZĂ ALE PRELUCRĂRII ELECTROCHIMICE

Prelucrarea electrochimică se bazează pe procesele ce au loc la electrozi în cadrul electrolizei, sub acțiunea unui cîmp electric exterior, reprezentată schematic în fig. 13.41.

Considerînd în celula de electroliză soluția unui electrolit binar uni-univalent $R_A R_B$, disociat în ionii săi R_A^- și R_B^+, sub acțiunea cîmpului electric exterior E, acești ioni se vor deplasa spre cei doi electrozi. Electronii anodului, mai slab legați, trec în circuitul exterior prin ruperea legăturii lor. În contact cu electrozii, ionii electrolitului pierd sarcinile lor electrice:

— la catod $R_B^+ + e^- \rightarrow R_B$;

— la anod $R_A^- - e^- \rightarrow R_A$,

unde e este sarcina electrică a electronului.

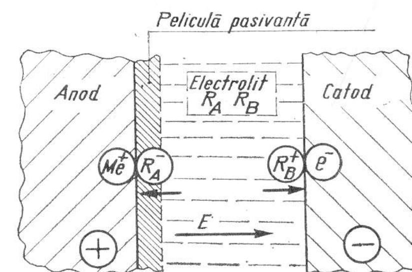


Fig. 13.41. Schema de principiu a procesului electrochimic

Experiența arată o scădere a concentrației electrolitului între cei doi electrozi, mult mai accentuată în imediata vecinătate a electrozilor și cu atît mai mare cu cît durata electrolizei este mai mare.

Variația concentrației ionilor care se descarcă în imediata vecinătate a electrozilor duce la apariția fenomenului de *polarizare de concentrație*, care are drept consecință încetarea difuziunii spre și dinspre electrod.

Un fenomen aproape general în timpul electrolizei și pe care se bazează, principial, prelucrarea electrochimică îl constituie dizolvarea anodică, adică trecerea în soluție a materialului anodului.

În general, catodul nu este supus acțiunii de dizolvare. Îndepărtarea peliculei pasivizatoare vîscoase și solubile care apare în proces, în scopul reactivării procesului de dizolvare, se poate face prin agitarea, ridicarea temperaturii, mărirea concentrației și creșterea presiunii electrolitului.

Legile generale ale procesului. Metoda de prelucrare electrochimică are la bază legile electrochimiei stabilite pe baza transformării ionice a metalelor, sub acțiunea curentului electric, și anume:

— Cantitatea teoretică de substanță m_t care se depune la electrod, respectiv cantitatea de metal adus în stare ionică ca urmare a acțiunii electrochimice a curentului, este proporțională cu intensitatea curentului I (A) și cu durata de trecere a sa t (h), stabilită prin legea lui Faraday:

$$m_t = kIt \quad [\text{g}]. \tag{13.12}$$

Coeficientul de proporționalitate k, g/A·h, este echivalentul electrochimic al substanței și reprezintă cantitatea de metal dizolvat la anod, la trecerea unui curent de 1 A timp de 1 h.

— Pentru a se dizolva la anod un echivalent gram de substanță trebuie să treacă prin electrolit o cantitate de electricitate egală cu 96 500 Coulombi (As) sau 26,8 A·h, respectiv 1 A timp de 26,8 h.

Din aceste două postulate derivate din legea lui Faraday se pot deduce o serie de mărimi importante ce caracterizează cantitativ prelucrarea electrochimică.

Echivalentul electrochimic

$$k = \frac{A}{zF} \quad [\text{g/Ah}], \tag{13.13}$$

unde: A este greutatea atomică a elementului supus dizolvării; z — valenţa elementului şi F — numărul lui Faraday (96 500 A·s = 26,8 A h).

În tabelul 13.17 se prezintă echivalenţii electrochimici ai cîtorva elemente mai uzuale.

Randamentul prelucrării electrochimice. Ca urmare a fenomenelor secundare din procesul de electroliză—pierderi pe rezistenţa electrolitului, reacţii secundare, polarizarea electrozilor—cantitatea efectivă de metal depus la electrod m_{ef} este mai mică decît cea rezultată din legea lui Faraday m_t. Randamentul procesului se poate exprima fie prin intermediul curentului, fie prin intermediul energiei consumate.

Tabelul 13.17

Echivalenţi electrochimici ai unor elemente

Elementul	Valenţa	Greutatea atomică	k g/A · h
Aluminiu	3	26,97	0,34
Fier	2	55,85	1,042
Fier	3		0,69
Cobalt	2	58,94	1,10
Mangan	2	54,94	1,025
Cupru	1	63,54	2,37
Cupru	2		1,19
Nichel	2	58,69	1,095
Crom	3	52,01	0,65
Crom	6		0,32
Wolfram	6	183,92	1,14
Oxigen	2	16	0,295
Clor	1	35,45	1,32
Brom	1	79,91	2,98
Cadmiu	2	112,41	3,09
Argint	1	107,88	4,024
Mercur	2	200,61	3,74
Hidrogen	1	1,008	0,0376

Randamentul de curent η_i reprezintă raportul dintre cantitatea de curent teoretic necesară (conform legii lui Faraday) şi cantitatea de curent practic utilizată pentru obţinerea aceleiaşi cantităţi de substanţă transformată la electrod, respectiv raportul între cantitatea efectivă de substanţă transformată m_{ef} şi cantitatea teoretică de substanţă m_t, pentru aceeaşi cantitate de curent:

$$\eta_i = \frac{m_{ef}}{m_t} \, 100 \, [\%]. \tag{13.14}$$

Înlocuind în (13.14) expresia lui m_t, se obţine

$$\eta_i \% = \frac{m_{ef}}{\frac{A}{zF} It} = \frac{m_{ef}\, 26{,}8 \cdot z \cdot 100}{ItA}, \tag{13.15}$$

unde I este în A iar t în h.

Energia electrică teoretic necesară unui proces de electroliză va fi egală cu produsul dintre tensiunea teoretic necesară U_t şi cantitatea teoretică de curent I_t conform legii lui Faraday. Practic, tensiunea necesară este mai mare decît cea teoretică datorită căderilor pe rezistenţa electrolitului, electrozilor, a contactelor de legătură etc.

Ca urmare, energia electrică consumată va fi egală cu produsul dintre tensiunea practică U_p determinată pe baia de electroliză şi cantitatea de curent practic utilizată I_p. Randamentul energetic

$$\eta_e = \frac{W_t}{W_p} = \frac{U_t I_t}{U_p I_p} \, 100 \quad [\%], \tag{13.16}$$

unde: W_t este energia teoretică şi W_p energia practic utilizată. Economicitatea unui proces electrochimic industrial va fi determinată de randamentul energetic.

13.4.3. PROCEDEE DE PRELUCRARE PRIN EROZIUNE ELECTROCHIMICĂ CU DEPASIVARE NATURALĂ

Procedeele de prelucrare bazate pe acţiunea electrochimică a curentului electric îşi găsesc o răspîndire industrială în continuă creştere. Aplicaţii, cu operaţiile specifice ale acestor procedee, au fost prezentate în tabelele 13.15 şi 13.16.

Caracteristicile tehnice generale, materiale pentru electrozi şi pentru diferite operaţii de prelucrare electrochimică se dau în tabelul 13.18.

O mai largă utilizare au primit procedeele de lustruire şi reproducere electrochimică.

13.4.3.1. LUSTRUIREA ELECTROCHIMICĂ. Pe suprafaţa cu asperităţi a obiectului supus prelucrării se formează o peliculă vîscoasă pasivizatoare, dispusă paralel cu suprafaţa anodului şi care are grosimea mai mare în adîncituri decît în regiunea vîrfurilor microasperităţilor. Dizolvarea şi, ca urmare, netezirea va începe în regiunea vîrfurilor asperităţilor, datorită concentraţiei de cîmp electric în această zonă. Schema principală cu care se execută lustruirea electrochimică este dată în figura 13.42. O mare influenţă asupra formării peliculei pasivizatoare o are modificarea concentraţiei de ioni în stratul de electrolit în contact cu electrozii. Cele mai active sînt metalele electronegative. Dizolvarea anodică are loc cu precădere la aceste metale. Dizolvarea aliajelor are loc după legi complexe la un potenţial **comun**, care depinde de potenţialele fazelor şi este mai apropiat de potenţialul fazei mai negative.

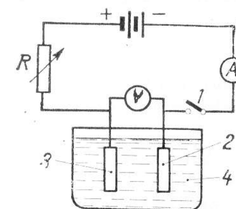


Fig. 13.42. Schema de principiu a lustruirii electrochimice:

1 — întrerupător; *2* — electrod (catod); *3* — obiectul eroziunii; *4* — baia de electroliză

Rugozitatea suprafeţelor lustruite depinde direct de starea suprafeţei iniţiale. Cu cît e mai mică rugozitatea iniţială, cu atît e mai bună suprafaţa obţinută după lustruire.

Tabelul 13.18

Caracteristicile tehnice de bază ale unor operații de prelucrare electrochimică a metalelor în curent continuu

Caracteristicile	Unitatea de măsură	Curățirea prin decapare anodică	Îndepărtarea anodică a peliculei de oxizi	Lustruire electrochimică	
				Metale neferoase în electroliți reci	Metale și aliaje feroase în electroliți calzi
Tensiunea sursei	V	4–12	6–12	6–12	15–18
Tensiunea pe electrozi	V	3–5	4–8	5–7	12–14
Densitatea de curent teoretică	A/dm²	0,5–20	5–10	10–50	40–60
Energia specifică consumată	kWh/daN kWh/dm²	10–40 0,005–0,01		5–20 0,01–0,1	10–30 0,01–0,1
Randamentul prelucrării	%	60–90		70–95	80
Distanța dintre electrozi	mm	20–250	20–200	20–200	25–200
Durata operației	min	2–30	0,2–2	5–10	
Temperatura electrolitului	°C	20–60	350–450	15–25	70–90
Calitatea suprafeței R_a	μm	25–3,2		Cu 2–3 clase superioară clasei inițiale	
Viteza de prelevare a materialului	μm/min dm²	0,1–5		3...5	7–10

Caracteristicile	Găurire electrochimică	Netezire electrochimică	Gravare electrochimică	Profilare electrochimică	Fabricarea grilelor pe cale electrochimică	Fabricarea foițelor prin depunere electrochimică
Tensiunea sursei	15–30	12–20	4–12	6–24	6–12	6–15
Tensiunea pe electrozi	10–25	10–15	3–8	5–20	4–8	3–11
Densitatea de curent teoretică	10 000–14 000	400–1 000	10–50	20–150	5–40	10–50
Energia specifică consumată	8–15 1–2	8–15 1–2	5–15	5–40	10–25	10–25
Randamentul prelucrării	80–90	80–90	70–85	65–90	80–90	60–85
Distanța dintre electrozi	0,1–0,5	0,2–5	20–100	0,1–0,5	20–200	20–200
Durata operației						
Temperatura electrolitului	20–30	20–30	20–40	20–80	15–40	40–90
Calitatea suprafeței R_a	6,3–0,8	6,3–0,8		1,6–0,2	0,4	0,2
Viteza de prelevare a materialului	2 000–3 000	100–500		5–20	10–15	5–10

Observație. Intensitatea prelevării de material poate fi mult mărită în majoritatea operațiilor prin mărire a densității de curent și a temperaturii electrolitului.

Pentru a obține prin lustruire suprafețe cu R_a = 0,10 ... 0,08 μm, trebuie ca rugozitatea suprafeței inițiale să fie R_a = 1,25 ... 0,63 μm, iar pentru a se obține o rugozitate cu R_a = 1,25 ... 0,63 μm, suprafața inițială trebuie să aibă cel puțin R_a = 10...5 μm.

Calitatea lustruirii electrochimice mai depinde de natura și calitatea metalelor și aliajelor supuse lustruirii.

Băi de lustruire. Băile ce se folosesc obișnuit la lustruirea electrochimică pot fi cele utilizate în tehnica operațiilor de acoperire galvanică, sau băi de construcție specială. Lustruirea se poate efectua fie în electrolit rece, fie în electrolit cald. În funcție de aceasta se pot utiliza pentru executarea băilor, respectiv pentru căptușirea lor, diferite materiale naturale sau sintetice, cu rezistență mare la agenți corosivi (tabelul 13.19).

Tabelul 13.19

Materiale pentru băi de lustruire electrochimică

Natura electrolitului	Materialul din care este executată cuva băii	Materiale pentru căptușeala cuvei
Acid sulfuric și acid fosforic, reci	Lemn, beton, oțel	Materiale plastice vinilice, sticlă organică, porțelan, produse ceramice, plumb, oțeluri anticorosive, mase bituminoase, emailuri, cauciucuri
Acid azotic, acid clorhidric, reci	Oțel, beton	Sticlă, porțelan, produse ceramice, oțeluri anticorosive
Acid sulfuric și acid citric, acid sulfofosforic, acid sulfacetic, calzi	Oțel	Materiale plastice termorezistente pe bază de rășini vinilice, epoxidice etc. Oțel anticorosiv, plumb, sticle termorezistente, emailuri
Acizi cromosulfofosforici și acizi cromofosforici, calzi	Oțel	Idem
Electroliți neutri reci pe bază de cianură de argint	Lemn, beton, oțel	Sticlă, porțelan, produse ceramice, materiale plastice, emailuri speciale, lacuri speciale
Electroliți alcalini reci	Lemn, beton	Oțel carbon, sticlă organică, emailuri, materiale plastice, bazelor, cauciuc
Electroliți alcalini calzi	Oțel, beton	Oțel carbon, produse ceramice, materiale plastice termorezistente și rezistente la acțiunea emailuri

Consumul de putere electrică pentru încălzirea electrolitului se determină din nomograma din fig. 13.43.

Electrozi (catozii). Pentru electrozi se utilizează toate materialele electroconductoare rezistente la agenți chimici. Distanța dintre electrozi anod-catod în baie se ia, de obicei, de 40—100 mm.

Electroliți. Electroliții utilizați pentru lustruirea electrochimică trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să aibă capacitatea mare de lustruire pentru diferite metale, stabilitate din punct de vedere termic și chimic, nocivitate redusă, preț de cost scăzut. Electroliții pot fi utilizați reci sau calzi. Electroliții mai uzuali pentru lustruirea electrochimică sînt dați în tabelul 13.20.

Regimuri electrice și surse de curent. Sursele de alimentare utilizate la lustruirea electrochimică sînt: generatoarele de curent continuu, de putere relativ mică, cu tensiuni de 6—12 V. Se pot utiliza și redresoare uscate (seleniu sau cuproxid) sau chiar acumulatoare pentru băile mici de laborator la lustruirea probelor metalografice. La electroliții reci, unde densitățile uzuale sînt mici, pînă la 25 A/dm², sursele sînt de putere mică și tensiuni mici. La electroliții calzi, unde densitățile pot fi de 40—200 A/dm², se utilizează surse de putere mai mare.

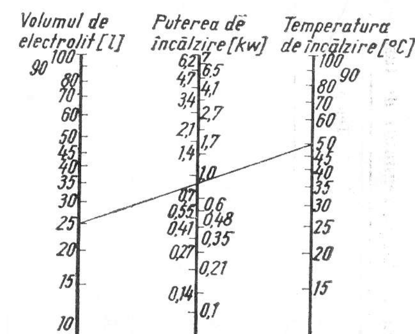


Fig. 13.43. Nomogramă pentru calculul consumului de putere electrică la încălzirea electrolitului

Tehnologia lustruirii electrochimice. Etapele principale ale procesului tehnologic de lustruire sînt date în tabelul 13.21. Trebuie să se acorde atenție calității inițiale a suprafeței de care depinde calitatea finală a lustruirii.

Aplicații ale lustruirii electrochimice. Lustruirea se poate aplica la o categorie foarte largă de piese: lustruirea paletelor de turbine executate din oțeluri greu prelucrabile, lustruirea interioară și exterioară a țevilor, lustruirea diferitelor scule așchietoare, ca freze, burghie etc., la roțile dințate pentru prevenirea efectului de ciupire, lustruirea probelor metalografice ș.a.

13.4.3.2. REPRODUCEREA ELECTROCHIMICĂ. **Principiul reproducerii electrochimice.** Spre deosebire de acoperire, unde depunerea se face direct pe piesă, la reproducere, depunerea se face pe un model, în scopul de a obține piese cu pereți foarte subțiri; stratul depus nu trebuie să adere la suprafața modelului. Modelul reprezintă negativul piesei și constituie catodul băii, iar ca anod se folosește un metal care trebuie să se depună pe catod.

Utilaje și materiale pentru reproducerea electrochimică. Se folosesc, în general, aceleași materiale ca și la acoperirea electrochimică, adăugîndu-se numai utilajele necesare pentru executarea modelului. Modelele utilizate sînt executate din diferite materiale metalice sau nemetalice (tabelul 13.22).

Tehnologia reproducerii electrochimice. *Pregătirea suprafeței modelelor. Depunerea stratului electroconductor.* Modelele nemetalice (rău conducătoare de electricitate) sînt preparate corespunzător cu diferiți solvenți sau acizi, în vederea acoperirii lor cu un strat metalic. Pe suprafețele modelelor, degresate și spălate în apă, se aplică stratul conductor, operație care poate fi făcută prin: grafitare, bronzare, reducerea soluțiilor de

Tabelul 13.20

Electroliţi şi regimuri de lustruire electrochimică

Compoziţia electrolitului	Conţinutul, %	Metalul de lustruit	Densitatea de curent, A/dm²	Temperatura, °C	Timpul de lustruire, min.
Acid ortofosforic	75...78	Oţeluri de scule aliate	50–60	80–90	6–10
Acid sulfuric	11...12	Oţeluri de scule bogate în carbon	40...50	75...80	5...10
Anhidridă cromică Apă	5...6 5...16	Oţeluri sărace în carbon Aluminiu	30...40 50...60	75...90 80...90	10...15 3...5
Acid fluorhidric Apă	2–16 84–98	Aluminiu şi aliajele sale	2–15	20–30	3–10
Sodă caustică Apă	10 90	Wolfram	3–6	25	20–30
Acid fluorofosforic Acid sulfuric Apă	5...10 38...45 39...50	Oţeluri aliate	8–40	20–80	5–15
Acid fluorofosforic Apă	85...93 7...15	Alamă, alpaca	10–200	20–80	5–15
Acid percloric 70%*) Acid acetic Apă	13 17 60	Oţeluri, Pb, Sn, Sb, Al	15...30	15	0,5–2
Acid fluorhidric Glicerină Apă	15...60 30...75 10	Siluminuri	5–50		
Clorură de argint Cianură de argint Cianură de potasiu Carbonat de sodiu Apă	3 4 7,5 2 83,5	Argint	4–10	30–35	1–5

*) Substanţă explozivă la temperaturi ridicate.

Tabelul 13.21

Etapele procesului tehnologic de lustruire electrochimică

Conţinutul operaţiei	Obligativitatea operaţiei	Destinaţia (scopul) operaţiei
Pregătirea mecanică a suprafeţei (şlefuire)	+	Realizarea unei suprafeţe iniţiale de fineţe ridicată
Montarea piesei în dispozitive de suspendare	+	Crearea unui contact electric sigur
Degresare chimică sau electrochimică. Degresarea chimică se face în soluţii calde la 90–100°C (NaOH, PO_4Na_3, H_2O, Na_2SiO_2)	–	Dacă pe suprafaţa piesei sînt impurităţi, grăsimi care trebuie îndepărtate
Spălare	+	Pentru a împiedeca pătrunderea diferitelor impurităţi în baia de electrolit în scopul împiedecării degradării lui
Lustruirea electrochimică cu un regim corespunzător	+	Obţinerea unei suprafeţe cu proprietăţi corespunzătoare scopului
Spălare cu apă	+	Oprirea coroziunii ulterioare a materialului
Neutralizarea în soluţii alcaline	–	Îndepărtarea tuturor urmelor de electrolit
Spălare în apă fierbinte	+	Îndepărtarea urmelor de soluţie şi uşurarea uscării ulterioare
Uscarea în aer cald sau cu rumeguş	+	Prevenirea coroziunii datorită apei
Demontarea piesei	+	Nu se efectuează în cazurile cînd în continuare suprafaţa lustruită va fi acoperită
Impregnarea pieselor în uleiuri fierbinţi la 120–150°C	–	La piese de importanţă mare în vederea conservării lor

Observaţie. Semnul + reprezintă operaţie obligatorie iar semnul –, după necesitate.

Tabelul 13.22

Aliaje uşor fuzibile pentru modele

Compoziţia chimică, %					Temperatura de topire, °C
Bi	Pb	Sn	Cd	Hg	
35	35	30			140
52	32	15,5			94,5
50	25	25			94,0
50	30	10			92,0
50	27	13,0	10		70,0
53	15	20	12		70,0
50	25	12,5	12,5		60,5
47	37		7	10	62,0
42	32		6	20	58,0
36	28		6	30	48,0

Tabelul 13.23

Soluţii pe bază de argint pentru stratul electroconductor

Părţile componente	Reţeta			
	1	2	3	4
I. Soluţie de argint	7	—	—	—
Azotat de Ag	20 g	10 g	20 g	10 g
Potasă caustică	10 g	—	—	—
Apă distilată	400 ml	1 000 ml	100 ml	250 ml
Amoniac cu greutate specifică 0,9	Pînă la dezvoltarea precipitatului, după care se adaugă soluţia de 4% azotat de Ag, care produce o tulbureală			
II. Reductor				
Azotat de Ag	—	2 g	—	—
Zahăr rafinat	90 g	—	5—10 g	—
Acid azotic	4 ml	—	—	—
Sare seignette	—	1,7 g	—	—
Formaldehidă	—	—	5 ml	7 g
Pirogalol	—	—	—	4 g
Acid citric	—	—	—	4 g
Apă distilată	1 000 ml	1 000 ml	40 ml	1 000 ml

argint, cupru, aur, formarea unor pelicule de sulfuri (sulfură de argint, sulfură de plumb), prin pulverizare în vid, prin metalizare etc. Cea mai răspîndită metodă de acoperire este argintarea. Soluţiile mai uzuale pentru argintare sînt prezentate în tabelul 13.23.

Aplicarea stratului de separaţie. Are ca scop împiedicarea formării unei reţele cristaline comune între metalul modelului sau metalul stratului conductor şi metalul care se depune. Straturile pot fi aplicate mecanic (ulei, ceară, grafit) sau pe cale electrochimică. Grosimea straturilor este de 5—20 µm.

13.4.4. PRELUCRAREA DIMENSIONALĂ ELECTROCHIMICĂ CU DEPASIVARE HIDRODINAMICĂ

13.4.4.1. CONSIDERAŢII GENERALE. Prelucrarea dimensională electrochimică se bazează pe un proces de descompunere, chimică, care are loc la anod şi care se supune legilor generale ale electrolizei, enunţate anterior. Catodul, şi în acest caz, nu este în contact cu obiectul prelucrării (anodul) şi este doar parţial supus acţiunii electrolitului.

Îndepărtarea metalului (produselor dizolvării anodice) are loc datorită curentului de electrolit. Intensitatea dizolvării metalului anodului depinde de viteza cu care ionii metalului în soluţie pot fi îndepărtaţi de pe suprafaţa anodului, evitîndu-se polarizarea de concentraţie. La prelucrarea dimensională electrochimică, prelevarea de metal este de 200—500 ori mai mare decît în cazul lustruirii electrochimice.

Diferenţa dintre prelucrabilitatea diferitelor metale este mică. Chiar prelucrabilitatea unor aliaje nu diferă mult între ele şi se pot obţine, la regimuri dure, suprafeţe de calitate corespunzătoare cu rugozităţi $R_a = 0,8...6,3$ µm. La prelucrarea unuia şi aceluiaşi material, se pot obţine aceleaşi productivităţi în diferiţi electroliţi, dar, pentru a obţine o anumită calitate a suprafeţei, trebuie ales electrolitul corespunzător. În timpul prelucrării, electrolitul este dirijat în spaţiul dintre electrozi cu viteze de 27—55 m/s, la presiuni de 7—14 daN/cm² (în unele cazuri 24—28 daN/cm²).

Un debit mare de electrolit însoţit de o viteză şi o presiune mare previne atît fenomenul de polarizare a electrozilor, cît şi încălzirea excesivă a electrolitului, ducînd la creşterea cantităţii de material prelevat.

La prelucrarea dimensională electrochimică a oţelurilor, cele mai utilizate soluţii pentru electroliţi sînt soluţiile apoase de clorură de natriu, cu adaosuri de acid boric sau soluţiile apoase de fluoruri şi acid fluorhidric. La utilizarea unor acizi sau baze puternice, se recomandă măsuri speciale de protecţie a utilajului şi măsuri de tehnica securităţii a personalului de deservire.

Domenii de utilizare a metodei de prelucrare dimensională electrochimică cu depasivare hidrodinamică. Metoda se remarcă, în primul rînd, printr-o productivitate superioară. În plus, calitatea suprafeţei şi precizia de prelucrare sînt superioare în comparaţie cu alte procedee electroerozive. De asemenea, suprafeţele prelucrate rezultă fără tensiuni superficiale, fără modificări structurale şi fără microfisuri, ceea ce le conferă o rezistenţă la oboseală, la uzură şi, în unele cazuri, la agenţi corosivi, lucru greu sau imposibil de obţinut prin alte procedee de prelucrare.

Din aceste considerente, metoda se aplică la prelucrarea materialelor dure şi foarte dure (carburi metalice) şi a materialelor cu caracteristici termo-fizice superioare. Cea mai largă utilizare o are la operaţiile de găurire şi reproducere (copiere, profilare), aplicate la suprafeţe complexe, ca de exemplu executarea matriţelor pentru forjare şi ambutisare, executarea paletelor de turbine.

Electrozii-sculă (catozii). Catozii se execută obişnuit prin aşchiere din materiale rezistente la agenţi corosivi şi electroconductoare: oţeluri inoxidabile, aliaje speciale anticorosive, cupru, alamă, bronzuri, aluminiu şi aliajele sale. De precizia de prelucrare

a catodului şi de precizia formei sale geometrice depinde precizia dimensională şi geometrică a obiectului supus eroziunii. Se constată însă că datorită unor fenomene foarte complexe ce apar în spaţiul dintre electrozi, ca degajarea hidrogenului la catod sau reacţiile secundare la anod, care duc la variaţia conductibilităţii spaţiului dintre electrozi, între forma geometrică a catodului şi geometria finală a obiectului supus prelucrării există diferenţe. În cazul prelucrării electrochimice nedirijate, cînd menţinerea strict constantă a interstiţiului de lucru este foarte greu de realizat, în diferitele zone de prelucrare, parametrii procesului se modifică, datorită modificării caracteristicilor electrolitului, ca temperatura şi conductibilitatea, datorită variaţiei tensiunii reţelei, neomogenităţii materialului de prelucrat sau a vitezei diferite de scurgere a electrolitului, modificări care au drept urmare variaţia vitezei de dizolvare anodică. Aceasta cauzează o abatere, o distorsiune de la forma dată a profilului piesei prelucrate.

Pentru a obţine o abatere minimă de la forma profilului dat, este necesar ca electrozii-sculă să fie executaţi după o tehnologie specială. Astfel, la prelucrarea unui anumit profil, spaţiul dintre electrozi este variabil conform fig. 13.44. Între a_1, distanţa dintre electrozi pe axa de simetrie a profilului sculei, şi a_2 distanţa dintre electrozi într-un punct oarecare de pe profil, considerînd conductibilitatea electrică constantă în spaţiul de lucru, există o legătură de forma:

$$a_2 = a_1/\sin\alpha, \tag{13.17}$$

unde α este unghiul dintre tangenta la profil în punctul considerat şi direcţia de avans. Deci, pentru a realiza un profil dat, trebuie executat catodul cu o anumită formă. Corecţia corespunzătoare a formei catodului se face micşorînd dimensiunea electrodului (catodului) cu valoarea a_2.

Legătura între mărimea spaţiului dintre electrozi, viteza de eroziune şi curentul din spaţiul de lucru (electrolit-soluţie apoasă de ClNa 15%) se prezintă în fig. 13.45 şi

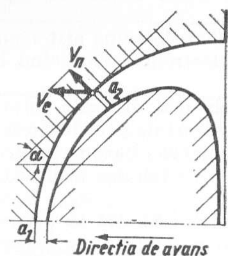


Fig. 13.44. Variaţia spaţiului dintre electrozi în funcţie de înclinarea profilului obiectului în raport cu direcţia de avans a electrodului

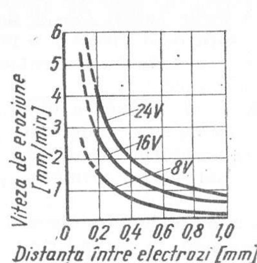


Fig. 13.45. Variaţia vitezei de eroziune în funcţie de distanţa dintre electrozi, la diferite tensiuni

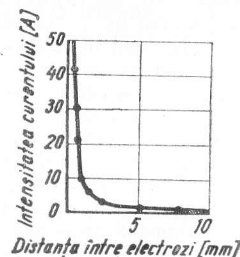


Fig. 13.46. Variaţia curentului electric între electrozi în funcţie de distanţa dintre ei

13.46. Relaţia între mărimea spaţiului dintre electrozi şi tensiunea de lucru (pe electrozi), la o viteză de avans dată, se prezintă în fig. 13.47. Se remarcă că alura curbelor nu este în conformitate cu legea lui Ohm, indicînd existenţa şi a unei alte rezistenţe, pe lîngă rezistenţa pur ohmică a electrolitului.

Pentru a reduce la maximum posibil abaterea profilului obiectului prelucrat de la forma profilului electrodului-sculă, se iau măsuri de izolare a zonei catodului, care nu trebuie să participe la eroziunea anodului. În ultimul timp s-a pus la punct o metodă

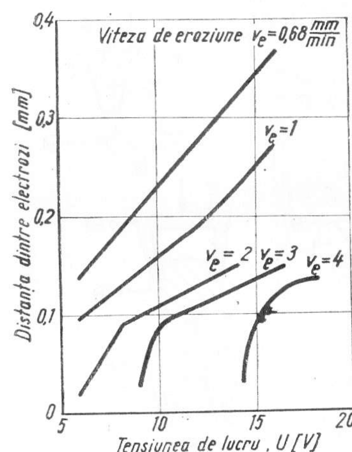
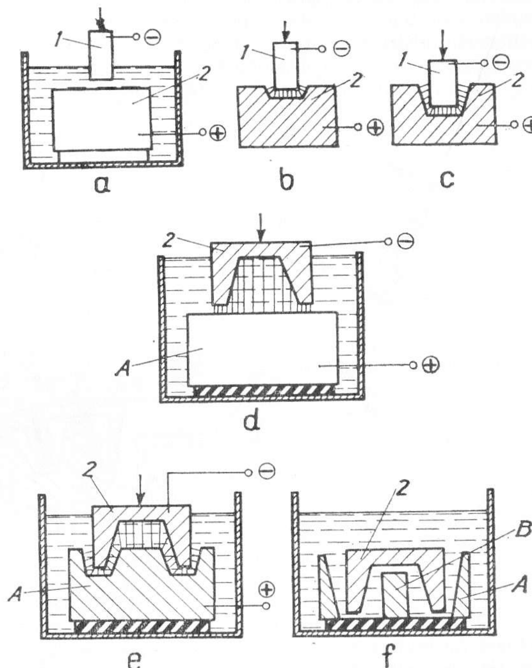


Fig. 13.47. Variaţia spaţiului dintre electrozi în funcţie de tensiune, pentru o viteză de eroziune dată



Fig, 13.48. Schema principală de prelucrare dimensională cu electrozi de polaritate inversă

(brevet S.U.A.) prin care electrozii-sculă se pot fabrica prin eroziune electrochimică cu polaritate inversă.

Electrozii se fabrică prin reproducerea formei profilului unei piese pe cale electrochimică iar obiectul astfel obţinut va fi utilizat apoi ca sculă, în condiţii de lucru identice ca la reproducere (tensiuni, densităţi de curent, presiunea, debitul şi natura electrolitului).

13.4.4.2. PRELUCRAREA DIMENSIONALĂ ELECTROCHIMICĂ CU ELECTROZI CU POLARITATE INVERSĂ. **Principii generale.** Prelucrarea dimensională electrochimică are loc, principial, conform schemelor prezentate în fig. 13.48, *a*, *b* şi *c*. Reproducerea spaţială a electrodului *1*, de formă prismatică, în obiectul supus prelucrării *2* are loc cu abaterile corespunzătoare, catodul nefiind izolat pe părţile laterale. Pe măsură ce adîncimea de pătrundere a catodului creşte, creşte şi interstiţiul dintre electrozi (fig. 13.48, *b* şi *c*), obţinîndu-se în final un orificiu cu pereţi înclinaţi. Dacă se introduc

variabilele care determină la obiectul prelucrării abaterea de la profilul catodului într-un model care să fie apoi utilizat ca electrod în procesul de prelucrare, abaterile de la forma geometrică a obiectului se reduc foarte mult sau dispar. Precizia de prelucrare va fi cu atît mai mare cu cît parametrii regimului vor fi menținuți mai constanți și egali cu parametrii corespunzători de la prelucrarea modelului. În fig. 13.48, *d*, *e*, și *f* se prezintă schematic utilizarea unui electrod *2*, realizat prin prelucrare electrochimică cu abaterile corespunzătoare, pentru a obține din obiectul supus prelucrării *A* o piesă *B*, de forma electrodului *1* din fig. 13.38, *a*. În cele ce urmează se prezintă schematic un exemplu

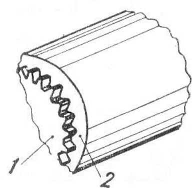


Fig. 13.49. Asamblare arbore canelat-bucșă canelată: *1* — arbore canelat; *2* — bucșă canelată

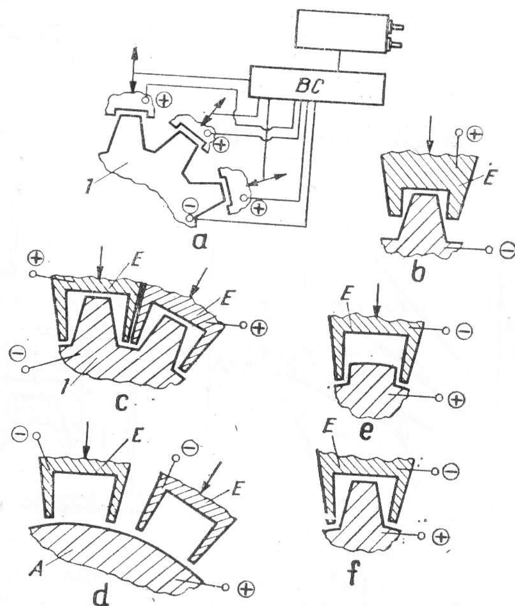


Fig. 13.50. Fazele procesului tehnologic de realizare a unui arbore canelat cu electrod realizat prin prelucrare dimensională electrochimică cu polaritate inversă

de realizare a unui arbore canelat dintr-o asamblare arbore canelat-bucșă canelată (fig. 13.49). În fig. 13.50 se prezintă fazele procesului tehnologic de prelucrare electrochimică. Fazele primei etape se succed conform fig. 13.50, *a*, *b*, și *c*, cînd arborele canelat, conectat la polul negativ, este modelul cu care se realizează electrozii *E*, conectați la polul pozitiv. Această primă etapă se termină în situația cînd electrozii *E* au forma din fig. 13.50, *c*. În continuare, cu electrozii *E*, conectați de data aceasta la polul negativ, se prelucrează, în aceleași condiții și cu aceiași parametri ai regimului de lucru, obiectul *A*, conectat la polul pozitiv (fig. 13.50, *d*, *e* și *f*) — un arbore canelat de aceeași precizie dimensională și cu forma geometrică identică cu a modelului *1*. Comanda pentru coordonarea mișcărilor electrozilor *E* în sensul indicat de săgeți se face de la blocul de comandă *BC* cu programare. Acționarea poate fi electrică, mecanică sau hidraulică.

Prelucrarea electrochimică a profilelor active a paletelor de turbină. După un brevet S.U.A., profilul activ al unei palete de turbină poate fi realizat în două faze, dintr-un semifabricat paralelipipedic *A* (fig. 13.51, *a* și *b*), cu ajutorul unor electrozi executați

din materiale neconducătoare de electricitate, pe care se depune la suprafață un strat electroconductor. În prima fază, modelul (fig. 13.51, *a*), executat din material plastic sau alt material rezistent la agenți corosivi, pe care s-a depus stratul conductor *2* și care constituie electrodul, este conectat la polul negativ al unei surse de curent continuu.

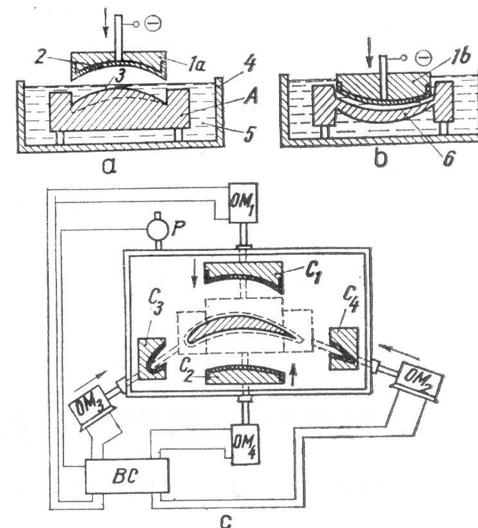


Fig. 13.51. Fazele prelucrării profilelor active ale paletelor de turbină cu electrozi (catozi) realizați din materiale nemetalice, placate cu materiale electroconductoare

Obiectul de prelucrat *A* este introdus în baia *4*, cu un electrolit, *5*, sub presiune. Se obține astfel partea convexă *3* a profilului paletei. În faza a doua, semifabricatul *A* se rotește cu 180° și se continuă prelucrarea cu un electrod de formă corespunzătoare, *1b*, realizîndu-se partea concavă *6* a profilului (fig. 13.51, *b*). În fig. 13.51, *c* este reprezentat un alt mod de execuție a profilelor active cu electrozi multipli din materiale plastice placate cu metal, la care, printr-o singură prindere, se asigură realizarea racordărilor corespunzătoare pentru bordul de fugă, bordul de atac, partea convexă și partea concavă a profilului. Comanda de coordonare a mișcărilor electrozilor C_1, C_2, C_3 și C_4, în sensul indicat de săgeți, se face de la blocul de comandă *BC* cu programare. Acționarea se face prin intermediul organelor motoare OM_1, OM_2, OM_3 și OM_4.

Instalații pentru prelucrarea dimensională electrochimică. Instalațiile realizate pentru prelucrarea electrochimică sînt instalații cu destinație specială și instalații universale. Instalațiile speciale sînt destinate prelucrării profilelor complexe, ca: palete, arbori canelați etc. din materiale greu prelucrabile. Instalațiile universale sînt destinate pentru mai multe categorii de operații, ca: profilare, ascuțire, găurire, prelucrare plană etc.

Caracteristicile generale ale instalațiilor de prelucrare dimensională electrochimică și performanțele posibile ale acestora la prelucrarea, în special, a paletelor de turboreactoare (profile complexe în general) sînt indicate în tabelul 13.24.

Tabelul 13.24

Instalaţii pentru prelucrarea dimensională electrochimică

Caracteristicile instalaţiilor	Instalaţii speciale	Instalaţii universale	Instalaţii portal
	Operaţii specifice:		
	Profilări complexe, prelucrarea paletelor, prelucrarea arborilor canelaţi, degroşări, honuire	Profile simple, ascuţire, găurire, prelucrare plană	Piese de dimensiuni mari
Numărul capetelor de lucru	1; 2 sau 4	1; 2 sau 4	1 sau 4
Poziţia capului de lucru	Orizontal (vertical)	Orizontal (vertical)	Vertical
Numărul posturilor de lucru	1–4	1–4	1–4
Puterea utilă de lucru, kW	3–10	3–10	20
Viteza avansului de lucru (automat), mm/min	0,025–19	0,025–13	0,5–15
Electroliţii utilizaţi	ClNa 10–20% sau ClNa şi diferite adaosuri de NaOH	Electroliţi speciali (după caz)	—
Spaţiul dintre electrozi (de lucru), mm	0,01–0,5	0,01–0,5	0,25–0,5
Viteza electrolitului în spaţiul de lucru, m/s	10–55	6–35–50	30–50
Debitul pompei de electrolit, l/min	450	450	560
Presiunea electrolitului, daN/cm²	7; 14 sau 28	5; 6 sau 28	24
Capacitatea băii, l	150	150	Peste 1 000
Capacitatea rezervorului de electrolit, l	1 000	1 000	3 800

Tabelul **13.24** (continuare)

Caracteristicile instalaţiilor	Instalaţii speciale	Instalaţii universale	Instalaţii portal
	Operaţii specifice:		
	Profilări complexe, prelucrarea paletelor, prelucrarea arborilor canelaţi, degroşări, honuire	Profile simple, ascuţire, găurire, prelucrare plană	Piese de dimensiuni mari
Cursa pe verticală sau orizontală a capului de lucru, mm	200–450	200–550	1 000
Productivitatea prelucrării cm³/min · 100A	16,4	16,4	—
Precizia prelucrării, μm	0,13–12	0,13–12	±40
Adaosul de prelucrare la piesă pe o parte, mm	0,4–0,8	0,13; 0,4 sau 0,8	—
Densitatea de curent uzuală (medie), A/cm²	16–230	7,7–25	—
Tensiunea de alimentare a maşinii, V	5–15	5–12	1,5–24
Curentul debitat de sursă, A	1 000–10 000	50–10 000	1 000–50 000
Dimensiunile pieselor de prelucrat, mm	25 × 75 şi mai mari	25 × 75 şi mai mari	900 × 900
Timpul de lucru mediu pentru piesă, min	Pentru palete mici, 7–8	Pentru piese mici, 5–10	—
Timpul de lucru prin metode clasice pentru o piesă, min	La palete, 60–120 după o presare prealabilă şi 350–600 din material brut	46–180	—

13.4.5. PRELUCRAREA PRIN EROZIUNE ELECTROCHIMICĂ ABRAZIVĂ

Principii generale. Procedeul de prelucrare prin eroziune electrochimică abrazivă se bzaează pe desfăşurarea simultană în timp a unor procese de eroziune electrochimică (anodică), cu depasivare forţată mecanică prin intermediul unui disc abraziv electroconductor. Procesul este condiţionat de formarea unor pelicule anodice insolubile şi izolante din punct de vedere electric, de existenţa unei presiuni de contact între sculă şi piesă şi de existenţa unei mişcări relative între cei doi electrozi (catod — obiectul supus prelucrării). Acest procedeu, în comparaţie cu altele, dă o mare productivitate (la aliaje dure poate ajunge pînă la 300–500 mm³/min, la secţiuni de 1 cm²), un luciu oglindă al suprafeţei. (R_a = 0,05 ... 0,2 µm) şi o precizie mare de prelucrare. Procedeul poate fi utilizat atît la prelucrări de finisare, cît şi de degroşare.

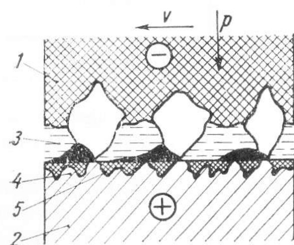


Fig. 13.52. Schema de principiu a electroabraziunii:
1 — disc electroconductor cu granule abrazive

Principiul prelucrării prin electroabraziune. Schema de principiu a prelucrării prin electroabraziune este dată în fig. 13.52. Discul electroconductor *1*, constînd din granule abrazive într-o masă de umplutură electroconductoare (grafit) şi un liant de bachelită (discul poate fi şi metalic, cu granulele abrazive prezate într-un strat periferic sau executat prin tehnologia pulberilor metalice), este legat la polul negativ al unei surse de curent continuu şi are o mişcare relativă în raport cu obiectul supus prelucrării *2*, legat la polul pozitiv al aceleaşi surse. În spaţiul dintre cei doi electrozi e adus lichidul de lucru *3* (electrolit). Îndepărtarea peliculei anodice *5* are loc în primul rînd la nivelul vîrfurilor asperităţilor *4*. Acţiunea abrazivă a discului are drept scop reactivarea anodului prin îndepărtarea peliculei pasive şi a produselor eroziunii.

În tabelul 13.25 se dau valorile uzuale ale unor parametri pentru diferite operaţii de electroabraziune.

13.5. PRELUCRAREA PRIN EROZIUNE COMPLEXĂ ELECTRICĂ ŞI ELECTROCHIMICĂ (CHIMICO-ELECTRICĂ)

13.5.1. CONSIDERAŢII GENERALE

La procedeul de prelucrare prin eroziune complexă electrică şi electrochimică, prelevarea de material este consecinţa acţiunii simultane a dizolvării anodice şi a descărcărilor electrice prin impulsuri nedirijate cvasistaţionare, care au loc, la nivelul microasperităţilor, între electrodul-sculă (catod) — element pentru localizarea macroscopică a eroziunii — şi obiectul supus prelucrării (anod), într-un mediu de lucru cu proprietăţi speciale (electrolit). Procesul prelevării este condiţionat de formarea peliculei pasivizatoare insolubilă, cu proprietăţi dielectrice şi mecanice ridicate şi de existenţa unei presiuni între electrozi, combinată cu o mişcare relativă între ei, cu scopul depasivării forţate mecanice. Ca urmare a acestor acţiuni cumulate are loc, în principal, eroziunea obiectului supus prelucrării. Este parţial supus eroziunii şi electrodul-sculă. Schema principială de reali-

Tabelul 13.25

Regimuri de lucru la electroabraziune

Parametrul	Unitatea de măsură	Operaţia: Degroşare	Finisare	Suprafinisare	Rodare
Tensiunea sursei	V	20–34	18–20	6–24	12–24
Tensiunea pe electrozi	V	16–20	14–16	4–5	10–20
Densitatea de curent	A/cm²	8–15	3–7	0,5–12,2	0,5–1
Consumul specific de energie la oţeluri	kWh/daN	10–20	15–25	3–6	8–15
Viteza periferică a sculei	m/s	20–30	20–30	20	30
Presiunea între electrozi	daN/cm²	0,5–5	0,5–1,5	0,5–1,6	1–1,5
Debitul de material prelevat	mm³/min	10–30	2–15	2–3	2–6
Calitatea suprafeţei (R_a)	µm	3,2–1,6	0,8–0,2	0,2–0,05	0,025–0,06

zare a procedeului este prezentată în fig. 13.53. Datorită caracterului prelucrării, la diferite valori ale parametrilor electrici poate deveni preponderent fie fenomenul electrochimic, fie fenomenul electroeroziv. Dacă puterea specifică introdusă în spaţiul de lucru este mică, prelevarea are loc datorită, în special, dizolvării anodice, cînd productivitatea este mică dar precizia de prelucrare şi calitatea suprafeţei sînt superioare. La creşterea

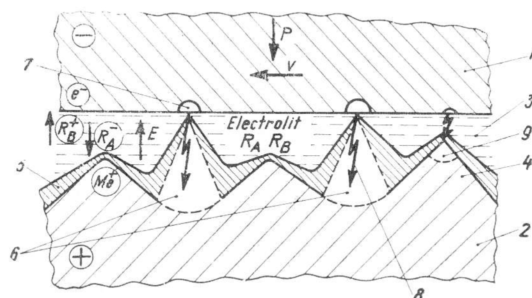


Fig. 13.53. Schema principală a procedeului de prelucrare prin eroziune complexă electrică şi electrochimică:

1 — electrod; *2* — obiectul supus eroziunii; *3* — electrolit; *4* — microasperitate; *5* — peliculă pasivă; *6* — element de material erodat din anod prin descărcări electrice datorită contactului metalic; *7* — element de material erodat electric din catod; *8* — descărcări electrice prin impulsuri nedirijate; *9* — element de material erodat din anod prin descărcări electrice datorită străpungerii spaţiului disruptiv dintre electrozi; p — presiunea între electrozi; v — viteza mişcării între electrozi; E — cîmp electric exterior

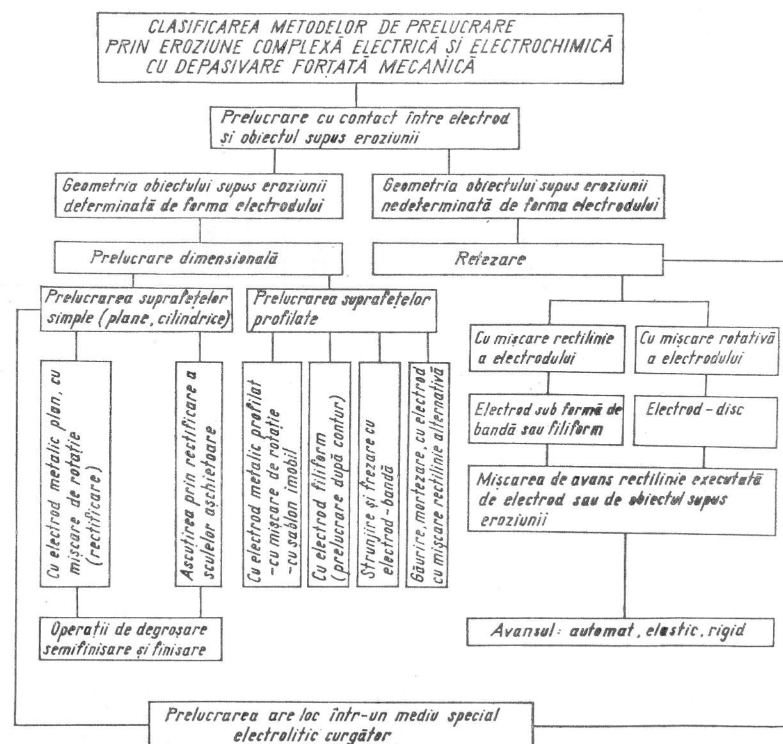
puterii specifice introduse în spaţiul de lucru, prelevarea se datoreşte aproape exclusiv procesului termic al descărcărilor electrice. Şi în acest caz are loc o prelevare datorită dizolvării anodice, simultan cu prelevarea prin scîntei, dar în afara suprafeţei afectată de descărcările electrice. Pelicula anodică generată de componenta continuă a curentului are grosime relativ mare. Ca şi în cazul prelucrării electrochimice propriu-zise, această peliculă este mai groasă în caracterele asperităţilor şi mai subţire spre vîrfurile lor, datorită variaţiei gradientului cîmpului E. Datorită efectelor termice din proces (temperatura în descărcările electrice poate atinge 10 000°C) se produce şi descompunerea electrolitului, produsele dizolvării şi ale descompunerii concurînd la formarea peliculei pasivante şi la determinarea proprietăţilor acesteia. Datorită mişcării relative tangenţiale dintre electrozi, pelicula pasivă este ruptă la nivelul vîrfurilor microasperităţilor. Reactivarea anodului prin îndepărtarea peliculei face posibilă apariţia descărcărilor electrice fie datorită efectului Joule la ruperea contactului de scurtcircuit metalic pe asperităţile dezvelite de peliculă, fie datorită străpungerii spaţiului dintre două asperităţi imediat vecine, una situată pe anod, iar cealaltă pe catod.

Probabilitatea de a exista aceleaşi condiţii fizico-chimice în mai multe puncte de pe suprafaţa de prelucrare este mare şi acest lucru face posibilă apariţia mai multor descărcări simultane sau parţial suprapuse. Datorită acestui fapt există posibilitatea măririi puterii specifice introduse sub formă de impulsuri de curent în zona de interacţiune electrod-piesă, ceea ce are ca urmare creşterea debitului de material prelevat în raport

cu alte procedee (prelucrarea prin electroeroziune, prelucrarea prin impulsuri etc.). Tensiunea în spaţiul de lucru se menţine constantă la valoarea de 18—30 V. Productivitatea poate să atingă valori de pînă la 8 000 mm³/min.

Procedeul anodo-mecanic de prelucrare şi-a găsit aplicaţii în diferite operaţii, cu precădere la rectificarea suprafeţelor plane, la profilarea suprafeţelor cilindrice sau plane şi la retezarea semifabricatelor din materiale greu prelucrabile etc. Clasificarea principalelor operaţii de prelucrare prin eroziune complexă se prezintă în tabelele 13.26. În tabe-

Tabelul 13.26



lul 13.27 se prezintă schemele principiale ale diferitelor operaţii de prelucrare prin eroziune complexă electrică şi electrochimică iar în tabelul 13.28 — caracteristicile tehnice cele mai importante.

Procesul de prelucrare este influenţat, în principal, de următorii factori:

— tensiunea dintre electrozi, de mărimea căreia depinde stabilitatea şi natura procesului;

Tabelul 13.27

Scheme principiale ale diferitelor operaţii de prelucrare prin eroziune complexă electrică şi electrochimică

Schema de principiu	Denumirea şi scopul operaţiei	Forma semifabricatului (piesa)	Materialul	Mediul de lucru
1—sculă-bandă; *2*—semifabricat (anod); *3*—alimentarea cu electrolit; *A*—ampermetru; *V*—voltmetru; *R*—reostat	Tăiere (retezare) cu bandă. Se pot efectua şi operaţii mai complexe (strunjire cu bandă)		Aliaje dure, oţeluri refractare, oţeluri călite etc.	Soluţii coloidale în special de silicat de sodiu. Suspensii de caolin în apă. Suspensii apoase de silicat de aluminiu
1—sculă-disc; *2*—semifabricat; *3*—alimentarea cu electrolit	Tăiere (retezare) cu disc	Bare de diferite profile	Materiale feroase, aliaje speciale	I d e m
1—scula de ascuţit; *2*—disc metalic (catod); *3*—alimentarea cu electrolit	Ascuţirea sculelor aşchietoare. Rectificarea suprafeţelor plane sau profilate	Scule aşchietoare. Cuţite, freze, plăcuţe din aliaje dure etc.	Aliaje dure şi extradure	Soluţii de silicat de sodiu
1—baie; *2*—electrolit; *3*—scula; *4* piesa (anod)	Prelucrarea cavităţilor, găurire. Prelucrarea se realizează cu o sculă ce reprezintă negativul orificiului de prelucrat şi are o mişcare rectilinie alternativă. Prelevarea de material are loc sub acţiunea efectului eroziv al descărcărilor electrice şi datorită dizolvării anodice	Matriţe, ştanţe etc.	Materiale feroase, aliaje dure şi aliaje speciale	I d e m
1—piesa; *2*-scula (disc); *3*—alimentare cu electrolit	Rectificare plană. Se realizează după o schemă de rectificare plană frontală cu ajutorul unui disc metalic	Piese plane cu secţiune mare	Aliaje dure. Aliaje speciale	Soluţii de silicat de sodiu

Tabelul 13.27 (continuare)

Schema de principiu	Denumirea şi scopul operaţiei	Forma semifabricatului (piesa)	Materialul	Mediul de lucru
1 — şablon (catod); 2 — piesa de profilat; 3 — alimentare cu electrolit	Prelucrare profilată. Se realizează cu şabloane plane sau scule disc profilate. Se pot roti fie piesele de profilat, fie sculele	Diverse profile	Aliaje dure	I d e m
1 — sculă filiformă; 2 — role motoare; 3 — role de întindere; 4 — piesa; 5 — alimentare cu electrolit	Prelucrare profilată (decupare) după contur cu electrod filiform	Piese plane în care se execută orificii de profil complex	Materiale dure şi foarte dure	Soluţii de silicat de sodiu

Tabelul 13.28

Caracteristicile tehnice la prelucrarea prin eroziune complexă electrică şi electrochimică

Operaţia	Regimul de lucru		Viteza relativă,	Consumul specific de energie,	Productivitatea,	Precizia de prelucrare	Rugozitatea suprafeţei R_a
	Tensiunea, V	Densitatea de curent, A/cm²	m/s	kWh/daN	mm³/min		µm
Debitare cu disc	20—24	70—500	15—20	3—5	8—25	3—4	50—12,5
Debitare cu bandă	20—30	100—600	15—25	2—4	10—30	3—4	50—12,5
Tăiere după contur cu electrod filiform	20—30	75—500	15—25	3—5	1 500—4 000	2—3	50—12,5
Mortezare	18—24	5—15	15—20 curse duble/s	2—3	50—250	2—4	50—3,2
Profilare	16—20	8—150	5—10	10—20	100—200	1—2	3,2—0,8
Rectificare de:							
— degroşare	16—20	8—15	20—25	5—10	10—20	2—3	3,2—1,6
— finisare	12—16	3—7	20—30	15—25	2—15	1—2	0,8—0,2
— suprafinisare	8—14	0,5—1	20—30	8—15	2—6	1—2	0,4—0,1
— netezire	4—6	0,3—0,5	20—30	4	5	1—2	0,2—0,05

— curentul de lucru, respectiv densitatea de curent; la densități mici de curent prelucrarea are un caracter preponderent electrochimic;

— presiunea dintre electrozi, de care depinde păstrarea celorlalți parametri (tensiune, curent) în limitele admise;

— viteza relativă dintre electrozi, care influențează asupra evacuării produselor eroziunii şi asupra accesului electrolitului în zona de prelucrare;

— lichidul de lucru (compoziția, densitatea etc.); lichidele folosite trebuie să fie capabile să genereze pelicule foarte vîscoase sau chiar solide, pentru a împiedeca scurtcircuitarea electrozilor;

— natura surselor de alimentare şi natura circuitului de lucru.

Fiecare tip de sursă de alimentare utilizată (redresor, generator de curent continuu, acumulator) dă o anumită variație a curentului şi tensiunii în spațiul de lucru. De natura rezistivă, capacitivă sau inductivă a circuitului de lucru depind puterea, durata, frecvența şi energia unei descărcări, respectiv eficacitatea procedeului.

Circuitele cu caracter inductiv limitează creşterea curentului pe o descărcare, mărind durata descărcării. Se recomandă pentru prelucrarea materialelor casante.

Capacitățile introduse în circuit măresc curentul pe o descărcare şi micşorează durata descărcării. Asemenea circuite nu se vor utiliza la prelucrarea materialelor casante.

Alți factori care influențează prelucrarea sînt: bătăile radiale şi laterale ale electrozilor-sculă, geometria spațiului de lucru, geometria electrozilor-sculă, geometria piesei etc.

13.5.2. ASCUȚIREA PRIN EROZIUNE COMPLEXĂ

La ascuțirea sau recondiționarea sculelor din oțeluri rapide sau armate cu plăcuțe din aliaje dure, prelucrarea prin eroziune complexă asigură o precizie ridicată, o calitate superioară a suprafeței şi o productivitate ridicată. Prelucrarea conferă sculelor şi o durabilitate superioară în raport cu procedeele mecanice de ascuțire cu discuri abrazive (tabelul 13.29). Ascuțirea se face la maşinile de ascuțit a căror schemă principială se prezintă în fig. 13.54.

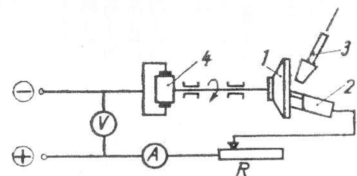


Fig. 13.54. Schema de principiu a ascuțirii prin eroziune complexă: 1 — sculă-disc; 2 — piesă; 3 — alimentare cu electrolit; 4 — colector cu perii; A — ampermetru; V — voltmetru; R — reostat

Regimuri de prelucrare şi rugozitatea suprafețelor plăcuțelor din cabluri metalice ascuțite prin eroziune complexă sînt prezentate în tabelul 13.30. Pentru rectificare, cel mai utilizat electrolit este silicatul de sodiu. Debitul de electrolit necesar este de 8—10 l/min, la o densitate de 1,2—1,3 g/cm³ şi un modul de 2,8—3,2.

13.5.3. DEBITAREA PRIN EROZIUNE COMPLEXĂ

Procedeul poate fi utilizat pentru o gamă largă de semifabricate: profile, bare, semifabricate plane etc. Productivitatea operației este ridicată şi depinde de aproape toți parametrii procesului, dar în special de parametrii electrici. În funcție de tipul constructiv al maşinii (cu electrod sub formă de disc, bandă sau fir), se pot debita semifabricate cu dimensiuni de peste 1 000 mm. Determinarea regimurilor electrice la debitare se face în funcție de dimensiunile piesei în secțiunea transversală, de forma acestei secțiuni,

Tabelul 13.29

Comparație între ascuțirea mecanică şi prin eroziune complexă (anodo-mecanică) a sculelor

Metoda de ascuțire	Regimul de lucru	Volumul de material îndepărtat, mm³/min	Uzura sculei, % din materialul îndepărtat	Înălțimea asperităților suprafeței ascuțite, µm	
				Pe fațetă	Pe tăiş
Rectificare mecanică	Fără răcire	35—40 *) / 25—30	250	0,25—0,5	2—3,5
	Cu răcire	50—60 / 40—45	200	0,2—0,3	1,5—2
	Finisare cu pastă	7—8 / 5—6	2—5	0,2—0,3	0,5—0,1
Rectificare anodo-mecanică	Eboşare	120—150 / 150—200	15—25	3—3,5	5—6
	Semifinisare	25—30 / 40—45	5—10	1—2	2—4
	Finisare	1—2 / 2—3	2—4	0,25—0,3	0,5—1

*) Valorile de la numărător sînt pentru plăcuțe P 10 iar cele de la numitor pentru plăcuțe K 40.

Tabelul 13.30

Regimuri de prelucrare și rugozitatea suprafețelor la ascuțirea prin eroziune complexă (anodo-mecanică)

Operația	Parametrul	Viteza periferică a sculei m/s: 10		50	
		P 10	K 40	P 10	K 40
Eboșare	Curentul, A	35—40	60—65	35—40	60—65
	Tensiunea, V	18—19	18—19	21—22	21—22
	Productivitatea, g/min	1,5—17	3,4—3,7	2,2—2,6	4,4—4,8
	Adîncimea microfisurilor, mm	0,3	0,26	0,16—0,17	0,13—0,14
	Rugozitatea suprafeței R_a, µm	2,5—12,5	25—12,5	25—12,5	25—12,5
Semifinisare	Curentul, A	8—10	10—12	8—10	20—22
	Tensiunea, V	10—12	10—12	15—16	15—16
	Productivitatea, g/min	0,3	0,3—0,4	0,41	0,96
	Adîncimea microfisurilor, mm	0,16—0,17	0,08—0,10	0,06—0,07	0,05—0,06
	Rugozitatea suprafeței R_a, µm	12,5—6,3	12,5—6,3	12,5—6,3	12,5—6,3
Finisare	Curentul, A	3—4	3—4	3—4	3—4
	Tensiunea, V	7—8	5—6	10—12	10—12
	Productivitatea, g/min	0,05	0,06	0,07	0,078
	Rugozitatea suprafeței R_a, µm	0,4	0,4	0,4	0,4
	Durata operației, min	3,5	2	1	1

de tipul constructiv al mașinii și de caracteristicile electrolitului. Întrucît viteza de eroziune variază cu secțiunea semifabricatului, pentru că densitatea de curent este variabilă, este necesară menținerea unei viteze optime de avans, care se poate realiza corespunzător numai cu sisteme automatizate.

Un sistem de reglare și stabilizare automată a avansului (brevet Institutul Politehnic Timișoara) este prezentat principial în fig. 13.55. Reostatul *1* are rol de traductor curent-

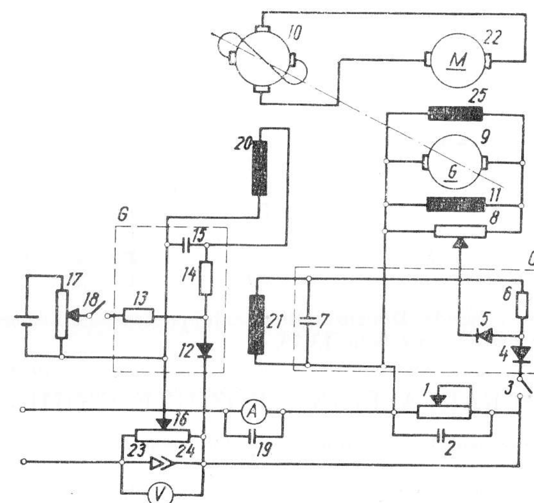


Fig. 13.55. Schema electrică de principiu a reglării automate a avansului la debitarea prin eroziune complexă:

1 — reostat; *2, 7, 15* și *19* — capacități; *3* și *18* — întrerupătoare; *4, 5* și *12* — diode; *6, 13* și *14* — rezistențe; *8, 16* și *17* — potențiometre; *9* — generator; *10* — amplidină; *11* — excitația generatorului; *20* și *21* — înfășurările în opoziție ale amplidinei; *22* — motor de curent continuu de avans al electrodului-sculă sau piesă; *23* — electrod-sculă (disc sau bandă); *24* — electrod-piesă; *25* — excitația motorului de curent continuu

tensiune, șuntat de capacitatea *2*. Un selector de tensiune maximă *C* — compus din diodele *4* și *5*, rezistența *6* și capacitatea *7* — primește tensiunea de la potențiometrul *8*. Un selector de tensiune minimă *G* — format din dioda *12*, rezistențele *13* și *14* și capacitatea *15* — primește tensiunea de reacție de la potențiometrul *16*. Tensiunea selectorului *G* se aplică înfășurării de comandă *20* a amplidinei, iar tensiunea selectorului *C* — celeilalte înfășurări *21*, în opoziție cu 20. Cele două înfășurări, împreună cu amplidina **10**, au rol de comparator și amplificator. În acest mod se asigură ca semnalul trimis la comparator să fie dependent de mărimea curentului în spațiul de lucru numai cînd acesta depășește valoarea impusă de sursa de etalonare (potențiometrul *8*) și de mărimea tensiunii din spațiul de lucru numai cînd aceasta scade sub valoarea impusă de sursa etalon *16*.

Astfel, parametrii electrici se menţin constanţi prin menţinerea constantă a distanţei dintre electrozi, prin intermediul motorului de curent continuu *22*, alimentat de amplidina *10*.

În tabelul 13.31 se prezintă principalele caracteristici ale debitării prin eroziune complexă iar în tabelul 13.32 — caracteristicile tehnice generale ale debitării la maşini de debitat cu scule disc şi bandă. Dimensiunile discului pentru diferitele secţiuni ale materialului supus debitării se dau în tabelul 13.33.

Tabelul 13.31

Regimuri de debitare prin eroziune complexă (anodo-mecanică)

Diametrul piesei, mm	Intensitatea curentului, A	Tensiunea pe spaţiu de lucru, V	Presiunea dintre electrozi, daN/cm²	Debitul de electrolit, l/min.
10—20	20—40	20—22	0,5—1	5—10
20—40	40—80	20—22	0,5—1	5—10
40—80	80—125	20—22	0,5—1	5—10
80—125	125—200	22—24	1—1,5	10—15
125—150	200—275	24—26	1—1,5	10—15
150—200	275—350	24—26	1,5—2	15—20
200—250	350—450	26—28	1,5—2	15—20
250—300	450—600	28—30	1,5—2	25—30

13.6. PRELUCRAREA PRIN EROZIUNE CHIMICĂ

Caracteristicile procedeului. Principiul prelucrării prin eroziune chimică este atacul cu o substanţă chimică activă a suprafeţei care urmează a fi prelucrată. Operaţia se realizează prin imersarea piesei în soluţii speciale (de preferat soluţii sodice). Compoziţia chimică a substanţei cu care se realizează atacul este funcţie de calitatea metalului prelucrat şi de cantitatea de material ce urmează a fi îndepărtată în unitatea de timp. În general, randamentul prelucrării este influenţat de aceiaşi factori care influenţează şi randamentul prelucrării electrochimice, şi anume: compoziţia chimică a electrolitului, temperatura băii, compoziţia chimică şi, în special, structurală a obiectului supus eroziunii, structura cristalină a metalului (se produce la limita de separare a cristalelor).

Aplicaţiile procedeului. Aplicaţiile practice ale prelucrării prin eroziune chimică sînt diverse. Procedeul este aplicat cu precădere la prelucrarea pieselor care au două dimensiuni mult mai mari decît a treia (plăci, table), la gravarea unor profile, la operaţii de găurire în materiale pe bază de Ni, W, Mo, Ti, la imprimarea circuitelor electrice, la executarea grilelor fine etc. Se pot prelucra şi piese forjate sau turnate.

Precizia de prelucrare este condiţionată de oprirea la timp a eroziunii chimice. Se realizează un grad înalt de precizie prin îndepărtarea unui strat uniform, chiar la piese cu configuraţie geometrică complexă. Un dezavantaj al metodei este obţinerea muchiilor rotunjite.

Cînd înlăturarea de material nu trebuie să se facă pe toată suprafaţa, procedeul se complică. În acest caz se acoperă zonele ce nu trebuie prelucrate cu o mască de material plastic rezistent la agenţii corosivi (fig. 13.56). Pentru o cît mai bună aderenţă a măştii, semifabricatele sînt, în prealabil, degresate, spălate şi uscate.

Mai dificilă este îndepărtarea unor diferite cantităţi de metal în diferite puncte ale suprafeţei de prelucrat. Prin cîteva încercări prealabile se pot stabili parametrii exacţi

Tabelul 13.32

Caracteristicile tehnice generale ale debitării prin eroziune complexă (anodo-mecanică)

Caracteristica	Maşini cu sculă-disc	Maşini cu sculă-bandă
Diametrul semifabricatului, mm	30—300	270—500
Lungimea semifabricatului, mm	Practic nelimitată	300—1 500
Puterea maximă a transformatorului, kW	2—24	2—24
Diametrul sculei disc, mm	100—1100	—
Lungimea sculei bandă, mm	—	400—7 500
Curentul maxim, A	100—800	1 000—2 000
Tensiunea de lucru, V	12—34	14—34
Viteza periferică a discului, m/s	7—22	—
Viteza liniară a benzii, m/s	—	16—20
Grosimea electrodului sculă, mm	1—2,5	0,8—1,5
Productivitatea, cm²/min	20—40	20—40

Tabelul 13.33

Dimensiunile sculelor-disc în funcţie de dimensiunea semifabricatului la debitarea prin eroziune complexă

Dimensiunile semifabricatului, mm	Dimensiunile discului			Diametrul flanşelor de strîngere, mm
	Diametrul, mm	Grosimea, mm	Diametrul alezajului, mm	
Pînă la 30	300	0,5	15—20	40—50
30—100	200—400	0,8—1	25—30	50—80
100—200	400—700	1—1,5	30—35	100—150
200—400	700—1200	1,5—2	35—45	150—200

ai prelucrării. Prelucrarea unei piese cu dimensiuni în trepte se face imersînd piesa în baia de electrolit şi apoi extrăgînd-o treptat, cu diferite viteze, pentru a se atinge dimensiunile necesare fiecărei trepte (fig. 13.57).

În cazul adîncirii în trepte (fig. 13.57), iniţial, se lasă descoperită o zonă cu dimensiunea d_1 (fig. 13.57, *a*). După prelucrarea pe adîncimea h_1, stratul de material plastic se

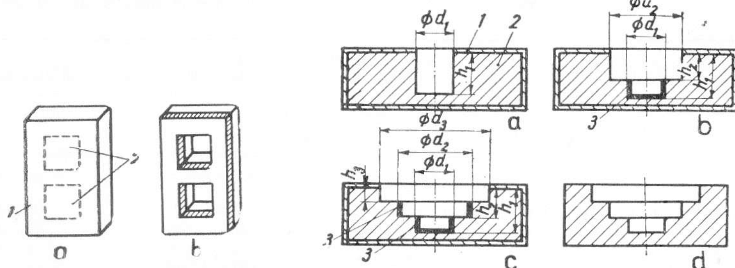


Fig. 13.56. Schema de principiu la prelucrarea prin eroziune chimică;
a — semifabricatul înaintea prelucrării: *1* — mască din material plastic; *2* — orificiile ce vor fi prelucrate fără peliculă de material plastic; *b* — piesa după prelucrare

Fig. 13.57. Adîncirea în trepte prin eroziune chimică:
1 — mască din material plastic; *2* — piesă de prelucrat; *3* — strat protector

îndepărtează de pe zona cu dimensiunea d_2 iar pereţii orificiului d_1 se acoperă cu un strat protector. Se face apoi prelucrarea pînă la adîncimea h_2, pentru dimensiunea d_2 (fig. 13.57, *b*). Operaţia se repetă asemănător pentru treapta a treia (fig. 13.57, *c*). În final se obţine piesa cu o cavitate nepătrunsă, în trepte (fig. 13.57, *d*).

Prelucrarea poate să devină mai productivă dacă se folosesc mai multe băi simultan, sau se utilizează băi de dimensiuni mari, cu care se pot prelucra simultan mai multe piese.

Parametrii principali tehnologici realizaţi la prelucrarea prin eroziune chimică a diferitelor materiale se prezintă în tabelul 13.34.

13.7. PRELUCRAREA PRIN EROZIUNE ABRAZIVO-CAVITAŢIONALĂ ÎN CÎMP ULTRASONIC

13.7.1. PROPRIETĂŢILE UNDELOR ULTRASONICE

Ultrasunetele sînt vibraţii acustice cu frecvenţe superioare celor care produc senzaţie auditivă omului ($f > 16$ kHz) şi inferioare frecvenţei hipersunetelor ($f < 10\,000$ MHz). Undele ultrasonice se aplică în diverse domenii ale tehnicii, datorită propietăţilor lor specifice, ca: lungime de undă mică, posibilitate de dirijare în direcţie dorită (reflexie, refracţie, difracţie), transport de energie în mediul elastic în care se propagă, posibilitate de concentrare în spaţii limitate, rezultînd energii locale ridicate, atenuarea (absorbţia), difuzia, ridicarea temperaturii mediului, declanşarea unor reacţii chimice etc.

Tabelul 13.34

Parametrii tehnologici şi toleranţele realizate la prelucrarea prin eroziune chimică

Materialul	Grosimea minimă a stratului îndepărtat mm	Grosimea totală a stratului îndepărtat mm	Toleranţa la adîncime mm
Aliaje de Al	0,025	Pînă la 0,5 0,51—1,5 Peste 1,5	± 0,025 ± 0,050 ± 0,070
Aliaje de Mg	0,033	Pînă la 0,5 0,51—1,5 Peste 1,5	± 0,025 ± 0,050 ± 0,070
Oţeluri inoxidabile şi termorezistente	0,013	Pînă la 0,5 0,51—1,5 Peste 1,5	± 0,025 ± 0,050 ± 0,075

După modul în care ultrasunetele intervin în procesele tehnice, aplicaţiile lor se grupează în active şi pasive (tabelul 13.35). La aplicaţiile active, energia ultrasonică este suficient de mare pentru a produce modificări în structura mediului prin care se propagă, iar la cele pasive, valoarea energiei ultrasonice este relativ scăzută, astfel încît nu produce modificări în structura mediului, avînd rolul de a furniza informaţii referitoare la proprietăţile, structura, dimensiunile şi calităţile substanţei examinate.

Principalele caracteristici ale undelor ultrasonice sînt: frecvenţa de undă, amplitudinea şi viteza de propagare. Aceste mărimi variază funcţie de proprietăţile mediului prin care se propagă (densitate, modul de elasticitate etc.), temperatură şi presiune.

Datorită proprietăţilor lor specifice, undele ultrasonice se aplică şi la prelucrarea dimensională prin eroziune abrazivă şi cavitaţională a obiectelor executate din materiale dure şi fragile. Metoda de prelucrare se bazează pe transmiterea energiei cinetice a corpului ajutător *1* (fig. 13.58), care vibrează cu frecvenţă ultrasonică, unor particule abrazive *2*, aflate în suspensie în lichidul *3*, care desprind, prin şoc, din stratul de suprafaţă al obiectului de prelucrat *4* particule sub formă de aşchii, *5*. Agentul eroziv este constituit din particulele abrazive în suspensie, care transferă energia primară mecanică de vibraţie ultrasonică a corpului ajutător în energie distructivă mecanică, termică şi electrochimică a stratului de suprafaţă

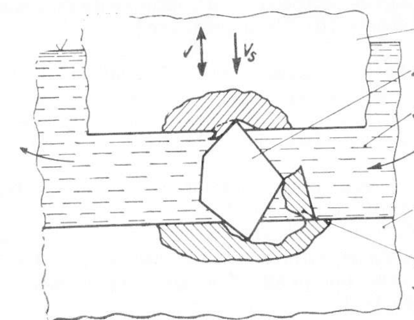


Fig. 13.58. Principiul prelucrării prin eroziune abrazivo-cavitaţională în cîmp ultrasonic:
1 — corp ajutător; *2* — particule abrazive; *3* — lichid; *4* — obiectul de prelucrat; *5* — particule de material erodat; *v* — viteza mişcării principale; v_S — viteza mişcării ajutătoare

Tabelul 13.35

Aplicațiile ultrasunetelor

Aplicații active	Aplicații pasive
Prelucrarea prin eroziune abrazivo-cavitațională a materialelor dure și casante în cîmp ultrasonic	Defectoscopie ultrasonică: — unde continue: — metoda transmisiei
Vibrarea ultrasonică a sculelor așchietoare la procedeele clasice de prelucrare prin așchiere (strunjire, frezare, rectificare, honuire, supranetezire etc.)	— metoda umbrei — metoda imaginii — metoda rezonanței
Aplicarea ultrasunetelor la prelucrarea prin electroeroziune	— unde modulate în frecvență — impulsuri:
Curățirea pieselor metalice și nemetalice cu configurație complexă	— metoda transmisiei — metoda reflexiei
Vibrarea sculelor la procedeele de deformare plastică (trefilare, laminare etc.)	— un palpator — două palpatoare
Eliminarea pietrei depuse pe suprafața cazanelor și rezervoarelor	Măsurări de mărimi fizice: — la solide:
Tratarea ultrasonică a metalelor și aliajelor în stare topită pentru omogenizarea structurii, reducerea grăunților și eliminarea gazelor. Obținerea aliajelor omogene din componente cu densități mult diferite (Al-Pb, Mg-Pb etc.)	— modul de elasticitate — rezistență mecanică — densitate — coeficient Poisson — dimensiunea grăunților cristalini
Aplicarea ultrasunetelor la tratamente termice pentru o mai bună dispersare a carburilor și elementelor de aliere, creșterea vitezei de călire, mărirea pătrunderii călirii piesei și eliminarea oxizilor	— reziliență — la lichide: — compresibilitate — viscozitate — temperatură
Utilizarea ultrasunetelor la acoperiri galvanice	— debit
Sudarea cu ajutorul ultrasunetelor a pieselor metalice care formează cu aerul oxizi rezistenți (aliaje de Al și Mg). Sudarea maselor plastice	— la gaze — compresibilitate — capacitate calorică
Lipirea metalelor și aliajelor ce formează oxizi rezistenți	— temperatură — concentrație — durată de reverberație — difuzibilitate
Aplicarea ultrasunetelor la asamblarea ajustajelor intermediare prin vibrarea axială a arborelui și radială a alezajului	Măsurări de mărimi geometrice: — la solide — dimensiuni liniare
Depunerea particulelor fine aflate în suspensii gazoase și lichide	— la lichide — nivele
Formarea emulsiilor și accelerarea reacțiilor chimice	— hidrolocație (reperaj submarin)
Utilizarea efectului de încălzire a ultrasunetelor la uscarea materialelor	— la gaze — distanțe

a obiectului de prelucrat. Pe lîngă eroziunea abrazivă, în proces apar și fenomene de cavitație ultrasonică în mediu lichid, care amplifică efectul eroziv în spațiul de lucru. Suspensia abrazivă este circulată în spațiul de lucru cu scopul de a evacua produsele eroziunii, formate din particulele prelevate din obiectul de prelucrat și corpul ajutător și de a înlocui particulele abrazive cu muchii uzate cu altele, cu muchii active. Forma macroscopică a eroziunii obiectului prelucrării este dată de configurația în secțiunea transversală a corpului ajutător, prin care se transmite agentului eroziv energia de vibrație ultrasonică.

13.7.2. PRODUCEREA UNDELOR ULTRASONICE

Pentru producerea undelor ultrasonice se utilizează emițătoare mecanice, piezoelectrice, magnetostrictive etc. La prelucrarea abrazivo-cavitațională în cîmp ultrasonic, cel mai utilizat tip de emițător este cel magnetostrictiv. Funcționarea lui se bazează pe fenomenul de magnetostricțiune, care constă în modificarea dimensiunilor geometrice ale unui corp feromagnetic sub acțiunea unui cîmp magnetic variabil. Deformarea liniară în sensul cîmpului magnetic aplicat — lungire sau scurtare — este mai importantă decît deformațiile transversală și de volum. Dintre materialele magnetostrictive, cele mai utilizate sînt: nichelul pur, aliajele de cobalt și fier, numite permendur (65% Co + 35% Fe; 49% Co + 49% Fe + 2% V), aliajele de fier și aluminiu (12,8% Al, restul Fe; 13,8% Al, restul Fe), iar în ultimul timp se folosesc tot mai mult feritele și materialele ceramice (titanat de bariu).

Blocul ultrasonic magnetostrictiv (fig. 13.59) se compune din: transductorul *1*, care transformă energia cîmpului magnetic variabil, prin efect magnetostrictiv, în energie mecanică (radiantă) de vibrație ultrasonică și transformatorul ultrasonic *2*, cu rol de a mări amplitudinea de vibrație și de a concentra în secțiune transversală energia ultrasonică, cu scopul de a fi transmisă, prin intermediul corpului ajutător *3*, agentului eroziv din spațiul de lucru.

Transductorul și transformatorul ultrasonic se dimensionează din condiția ca frecvența lor proprie de oscilație să fie egală cu frecvența aplicată, pentru a vibra în regim de rezonanță și a obține la corpul ajutător amplitudini maxime. Transformatoarele ultrasonice au, obișnuit, forme exponențiale, catenoidale, conice și cilindrice în trepte.

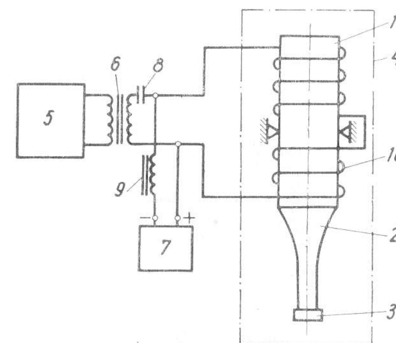


Fig. 13.59. Schema de principiu a blocului ultrasonic cu emițător magnetostrictiv:
1 — transductor magnetostrictiv; *2* — transformator ultrasonic; *3* — corp ajutător; *4* — blocul ultrasonic; *5* — generator de înaltă frecvență; *6* — transformator electric; *7* — sursă de curent continuu; *8* — condensator; *9* — bobină de șoc; *10* — bobină de excitație

13.7.3. CARACTERISTICILE PRELUCRĂRII PRIN EROZIUNE ABRAZIVO-CAVITAȚIONALĂ ÎN CÎMP ULTRASONIC

Principii generale. Metoda se aplică cu precădere la prelucrarea dimensională a materialelor dure, extradure și fragile, cu sau fără conductibilitate electrică sau termică, care prin alte metode nu pot fi prelucrate. După gradul de prelucrabilitate, materialele

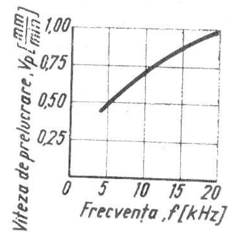


Fig. 13.60. Variația vitezei de prelucrare în funcție de frecvența oscilațiilor, pentru amplitudinea $A = 15{,}7$ µm la prelucrarea sticlei cu suspensie de carbură de bor în apă

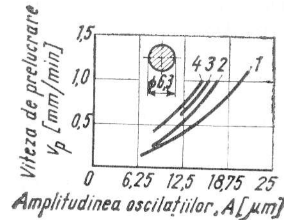


Fig. 13.61. Variația vitezei de prelucrare în funcție de amplitudinea oscilațiilor sculei la prelucrarea sticlei cu suspensie de carbură de bor în apă:

1 — pentru $f = 5{,}1$ kHz; 2 — pentru $f = 11$ kHz; 3 — pentru $f = 16{,}3$ kHz; 4 — pentru $f = 19{,}5$ kHz

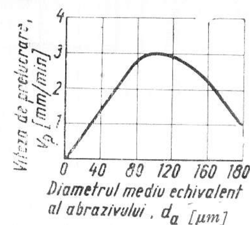


Fig. 13.62. Variația vitezei de prelucrare în funcție de diametrul mediu echivalent al particulelor abrazive la prelucrarea unei plăci din sticlă cu grosimea de 3 mm, cu suspensie de carbură de bor în apă

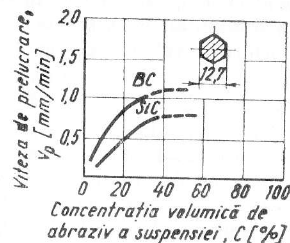


Fig. 13.63. Variația vitezei de prelucrare în funcție de concentrația în abraziv a suspensiei (carbură de bor BC cu granulația 12, STAS 1753—60; carbură de siliciu SiC, cu granulația 10; lichid-apă; material prelucrat-sticlă)

se clasifică în două grupe: ușor prelucrabile — sticlă, cuarț, materiale semiconductoare, ceramică, diamant, grafit, ferite, bioxid de uraniu etc. și mediu prelucrabile — aliaje dure, oțeluri călite, cementate, nitrurate, aliaje de titan etc. Se recomandă a se aplica ca prelucrare de degroșare și de finisare pentru materialele din prima grupă și de finisare pentru cele din grupa a doua. Criteriul de prelucrabilitate este definit de fragilitatea materialului prelucrat. Cu cît fragilitatea este mai mare, cu atît prelucrabilitatea este mai bună.

Metoda de prelucrare prin eroziune abrazivo-cavitațională se bazează pe două procese fundamentale în zona de lucru: lovirea prin șoc repetat și de scurtă durată a suprafeței obiectului prelucrării de către particulele abrazive, care produc microfisuri și desprinderi de material și procesul de circulație a suspensiei de împrospătare a abrazivului și eliminare a produselor eroziunii din spațiul de lucru. Pentru eroziunea obiectului prelucrării este necesar ca duritatea particulelor abrazive să fie mai mare sau cel puțin egală cu duritatea acestuia. Între corpul ajutător și particulele de abraziv se creează o presiune statică de circa 0,5—5 daN/cm², cu scopul de a mări efectul de șoc dat abrazivului în spațiul de lucru.

Mișcarea principală este determinată de oscilația longitudinală cu frecvență ultrasonică a corpului ajutător, caracterizată prin viteza

$$v = \frac{4fA}{1\,000} \quad [\text{m/s}], \tag{13.18}$$

unde f este frecvența vibrațiilor, Hz iar A — amplitudinea oscilațiilor, mm; obișnuit $A = 10\ldots60$ µm iar $v = 0{,}6\ldots7$ m/s.

Mișcările ajutătoare — numite și de avans — rectilinii sau curbilinii se clasifică, funcție de direcția lor față de mișcarea principală, în mișcări de avans longitudinale, transversale și curbilinii (în particular circulare).

În cadrul metodei există o singură mișcare principală și una sau mai multe mișcări ajutătoare. În sensul mișcării principale are loc eroziunea principală, iar între suprafața laterală a corpului ajutător și suprafața prelucrată apar și fenomene de eroziune secundară.

Generarea suprafețelor pe obiectul de prelucrat se realizează, în esență, prin mișcări ajutătoare simple sau compuse și prin forma și dimensiunile în secțiunea longitudinală și transversală a corpului ajutător (tabelul 13.36).

Factorii principali care influențează productivitatea prelucrării. Acești factori sînt prezentați în continuare:

— Asupra productivității un rol important îl are viteza principală de vibrație, respectiv frecvența și amplitudinea oscilațiilor corpului ajutător (fig. 13.60 și 13.61). O dată cu mărirea lor crește viteza de prelucrare. Alegerea amplitudinii A a oscilațiilor trebuie corelată cu diametrul mediu echivalent d_a al particulelor abrazive. Experiențele arată că viteza de prelucrare are valori maxime pentru raportul $\frac{2A}{d_a} = 0{,}6\ldots0{,}8$; la $2A = 20\ldots100$ µm corespunde $d_a = 12\ldots50$ µm.

— Influența abrazivului asupra productivității prelucrării este determinată de mărimea particulelor abrazive (fig. 13.62), respectiv de granulația abrazivului (tabelul 13.37), natura materialului abraziv (tabelul 13.38) și concentrația lui în lichid (fig. 13.63). Productivități ridicate se obțin la prelucrarea de degroșare cu abraziv din grupa pulberi cu granulație 12—10, din carbură de bor, carbură de siliciu și electrocorund, la o concentrație volumică în apă de 25—40%.

Tabelul 13.36

Scheme de generare a suprafeţelor prin eroziune abrazivo-cavitaţională în cîmp ultrasonic

Schema de principiu	Denumirea
	Găurirea unor alezaje cilindrice sau profilate nepătrunse cu corp ajutător plin (arie transversală mică): *1*—corp ajutător; *2*—obiectul de prelucrat; *v*-viteză principală; v_s —viteză de avans
	Găurirea unor alezaje cilindrice sau profilate străpunse cu corp ajutător tubular (arie transversală mare)
	Retezarea pieselor mici

Tabelul 13.36 (continuare)

Schema de principiu	Denumirea
	Canelarea după o curbă plană
	Canelare rectilinie, respectiv retezarea pieselor mari
	Rectificarea ultrasonică a suprafeţelor profilate: v_0—viteza de avans rectilinie, alternativă a obiectului de prelucrat
	Rectificarea ultrasonică a suprafeţelor plane orizontale v—viteză principală; v_s, v_0—viteze de avans.

Tabelul 13.36 (continuare)

Schema de principiu	Denumirea
	Rectificarea ultrasonică a suprafeţelor plane verticale
	Filetare ultrasonică interioară: *1*—corp ajutător (şurub); *2*—obiectul de prelucrat; v—viteză principală; v_{sl}—viteză de avans longitudinal a corpului ajutător sau obiectului prelucrării; v_{sc} viteză de avans circular a corpului ajutător sau obiectului prelucrării
	Filetare ultrasonică exterioară: *1*—corp ajutător (piuliţă); *2*—obiectul de prelucrat; v—viteză principală; v_{sl}—viteză de avans longitudinal; v_{sc}—viteză de avans circular
	Găurire profilată cu axă curbă
	Cilindrare exterioară ultrasonică:

Tabelul 13.37

Influenţa granulaţiei particulelor abrazive asupra productivităţii prelucrării

Granulaţia (STAS 1753-60)	Dimensiunea particulei abrazive, μm	Coeficientul relativ de productivitate în funcţie de granulaţie *)
12	125—150	1,00
10	105—125	0,96
8	85—105	0,85
6	75—85	0,74
5	63—75	0,65
4	53—63	0,54
3	42—53	0,44
M40	28—42	0,35
M28	20—28	0,17
M20	14—20	0,09
M14	10—14	0,05
M10	7—10	0,03
M7	5—7	0,02
M5	3,5—5	0,01

*) Coeficientul relativ de productivitate este raportul dintre productivitatea la granulaţia considerată şi productivitatea la granulaţia nr. 12.

Tabelul 13.38

Influenţa naturii particulelor abrazive asupra productivităţii prelucrării

Materialul prelucrat	Materialul abrazivului			
	Carbură de bor	Carbură de siliciu	Electrocorund	Pulbere de diamant de 25 μm
	Coeficientul relativ de productivitate *			
Sticlă de sodiu	1	1,2	1,4	1,1
Porţelan	1	1,3	2,2	—
Carbură de Wolfram	1	1,8	17,0	—
Aliaj dur	1	3,0	—	—
Oţel de matriţă	1	1,4	20,0	—
Germaniu	1	1,1	—	—

*) Coeficientul reprezintă raportul dintre productivitatea cu materialul abraziv considerat şi productivitatea cu carbură de bor

— Natura lichidului şi condiţiile de circulaţie a suspensiei abrazive. Cele mai bune rezultate s-au obţinut la utilizarea apei şi soluţiei de săpun ca lichide purtătoare a particulelor abrazive (tabelul 13.39). Experimental s-a constatat că, o dată cu creşterea viscozităţii lichidului, scade productivitatea, ca urmare a măririi rezistenţei opuse la intrarea

Tabelul 13.39

Influenţa naturii lichidului suspensiei abrazive asupra productivităţii prelucrării

Lichidul utilizat	Coeficientul relativ de productivitate *)
Apă	1,00
Ulei de transformator	0,28
Ulei de maşină	0,33
Ulei de in	0,28
Benzină	0,70
Petrol	0,70
Glicerină	0,30
Amestec 75% glicerină şi 25% apă	0,14
Amestec 50% glicerină şi 50% apă	0,22
Soluţie de săpun în apă	0,98
Ulei dens de motor	0,28
Spirt etilic	0,56

*) Coeficientul reprezintă raportul dintre productivitatea în lichidul considerat şi productivitatea în apă.

abrazivului şi îngreuierea condiţiilor de circulaţie a suspensiei abrazive (fig. 13.64). Un rol hotărîtor asupra productivităţii prelucrării îl au condiţiile de circulaţie a suspensiei în spaţiul de lucru. Metoda de circulaţie obişnuită a suspensiei are dezavantajul că, la mărirea adîncimii de prelucrare peste 10—15 mm, productivitatea scade aproape la zero, din cauza circulaţiei defectuoase a suspensiei. Pentru îmbunătăţirea circulaţiei se aplică metoda de aspiraţie prin vacuum a suspensiei (fig. 13.65), cu ajutorul unei pompe de vid, ceea ce duce la mărirea productivităţii de 2—6 ori (tabelul 13.40), valoarea ei fiind practic independentă de adîncimea de prelucrare. La aspiraţia suspensiei, productivitatea depinde de debitul aspirat şi produsul între presiunea statică dintre corpul ajutător-abraziv şi pătratul amplitudinii oscilaţiei, atingînd valori maxime în condiţiile în

Tabelul 13.40

Productivităţi volumetrice la prelucrarea unor materiale diferite

Materialul prelucrat	Productivitatea volumetrică Q_v, mm³/min		Uzura relativă a corpului ajutător (raportată la cantitatea de material prelevată din obiectul prelucrării), %
	Cu aspiraţia suspensiei	Fără asipraţia suspensiei	
Sticlă	1200	250	1
Germaniu	800	180	3
Micalex	800	150	1
Ferită	800	150	3
Grafit	500	100	1
Cuarţ cristalizat	400	100	2,5
Silice	400	80	3
Agat	320	60	5
Ceramică	250	50	6
Perlmutit	250	50	6
Spinel	100	25	6
Dural	40	6	20
Rubin, safir	30	8	10
Carburi metalice	30—40	5—7	50—80
Carburi de bor	2,5—10	1—4	50
Alamă (Am 58)	12	2	40
Oţel cu crom (12%Cr)	8	1	120
Oţel de scule	6	1	100
Oţel rapid	4	1	200
Diamant		0,05	1 000

Observaţie. Condiţiile de lucru: frecvenţa 22 kHz; puterea de ieşire a generatorului 400 W; corp ajutător tubular cu diametrul exterior de 10 mm şi grosimea peretelui 1 mm; abraziv-carbură de bor cu granulaţia 4 STAS 1753-60 în apă; adîncimea de prelucrare 0—5 mm fără aspiraţie şi 0—20 mm cu aspiraţie.

care viteza de înlocuire a abrazivului este egală cu viteza de distrugere a lui. Cele mai bune rezultate s-au obţinut aplicînd metoda de introducere sub presiune (pompaj prin injecţie) a suspensiei în spaţiul de lucru, la presiuni de refulare de 1 – 3 daN/cm².

— **Secţiunea corpului ajutător şi adîncimea de prelucrare.** La amplitudine şi frecvenţă constantă a oscilaţiilor, mărirea secţiunii transversale a corpului ajutător şi a adîncimii de prelucrare duce, în general, la scăderea productivităţii, ca urmare a înrăutăţirii condiţiilor de circulaţie a suspensiei şi a micşorării forţei de lovire care revine unei particule abrazive. Un rol important îl joacă şi configuraţia în secţiunea transversală a corpului ajutător, respectiv raportul dintre circumferinţă şi aria transversală.

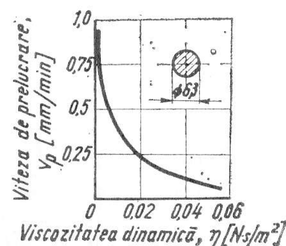


Fig. 13.64. Variaţia vitezei de prelucrare în funcţie de viscozitatea dinamică a lichidului (lichid-apă; obiectul de prelucrat-sticlă; abraziv-carbură de bor)

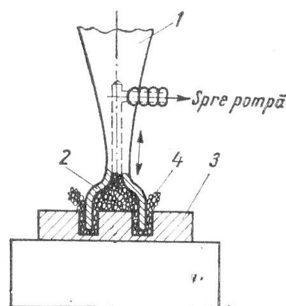


Fig. 13.65. Schema prelucrării utilizînd metoda de aspiraţie (vacuum) a suspensiei abrazive:

1 — transformator ultrasonic; *2* — corp ajutător tubular; *3* — obiectul de prelucrat; *4* — suspensia abrazivă

— Presiunea statică între corpul ajutător, abraziv şi obiectul de prelucrat are rol important în transmiterea forţei de şoc particulelor abrazive, influenţînd şi circulaţia suspensiei (fig. 13.67).

— Proprietăţile fizico-mecanice ale materialului de prelucrat şi ale corpului ajutător — fragilitatea, microduritatea, structura şi proprietăţile elastice — au un rol hotărîtor la prelucrarea abrazivo-cavitaţională. Cel mai important factor îl constituie fragilitatea.

Factorii care influenţează precizia prelucrării. Aceşti factori sînt prezentaţi în continuare:

— Uzura corpului ajutător în direcţie longitudinală şi transversală (fig. 13.68 – 13.70).

— Granulaţia abrazivului. O dată cu scăderea granulaţiei, creşte precizia de prelucrare. Obişnuit, dimensiunea interstiţiului este de 1,5 ori mai mare decît dimensiunile medii ale particulelor abrazive. Preciziile obţinute sînt: la degroşare cu abraziv cu granulaţie 12 – 6 sînt de circa 0,06 – 0,08 mm; la semifinisare cu abraziv cu granulaţie 5 – 3, de 0,03 – 0,06 mm; la finisare cu micropulberi se poate atinge 0,005 mm.

— **Precizia utilajului.** Precizia prelucrării este influenţată de precizia de execuţie şi montaj a maşinii şi accesoriile sale, coaxialitatea părţilor componente ale blocului ultrasonic, sensibilitatea mecanismului de avans, precizia de poziţionare a corpului ajutător faţă de obiectul prelucrării etc.

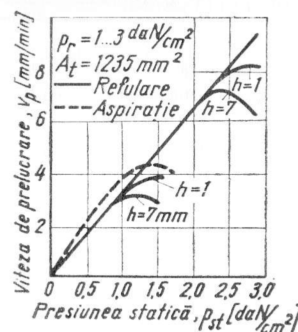


Fig. 13.66. Variaţia vitezei de prelucrare în funcţie de presiunea statică şi presiunea de refulare p_r a suspensiei abrazive (material de prelucrat-sticlă; suspensie-carbură de bor în apă;

A_t — aria transversală a corpului ajutător

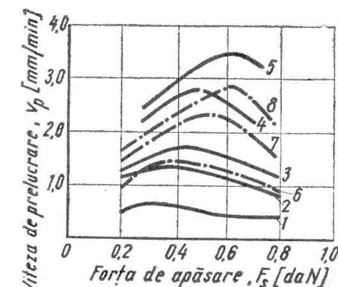


Fig. 13.67. Variaţia vitezei de prelucrare în funcţie de forţa de apăsare, pentru diverse amplitudini şi diametre ale corpului ajutător (cu linie plină pentru diametre de 0,2 mm iar cu linie punct pentru 0,4 mm):

1 pentru A = 21,5 μm; *2* pentru A = 29 μm; *3* pentru A = 33 μm; *4* pentru A = 39 μm; *5* pentru A = 46 μm; *6* pentru A = 27,5 μm; *7* pentru A = 36,5 μm; *8* pentru A = 42 μm (materialul prelucrat-sticlă; suspensie-carbură de bor în apă)

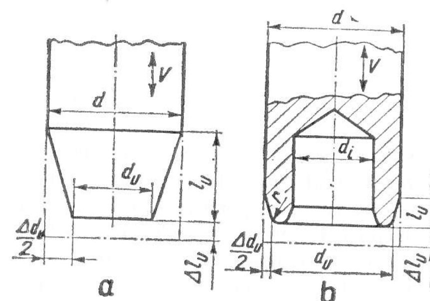


Fig. 13.68. Uzura corpurilor ajutătoare:
a — cu secţiune plină; *b* — cu secţiune inelară

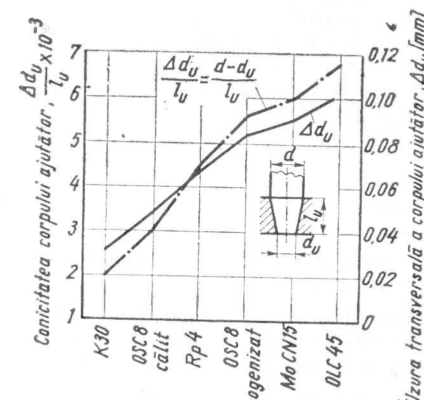


Fig. 13.69. Variaţia conicităţii şi uzurii transversale a corpului ajutător executat din diferite materiale, la prelucrarea ceramicii dure cu 91 HRA (adîncimea de prelucrare h = 15 mm; suspensie-carbură de bor în apă)

Calitatea suprafețelor prelucrate. Cercetările metalografice și roentgenografice au arătat că suprafețele prelucrate prin eroziune abrazivo-cavitațională în cîmp ultrasonic sînt lipsite practic de arsuri, fisuri, modificări structurale și tensiuni remanente, caracteristice altor metode. Rugozitatea suprafețelor prelucrate variază funcție de granulația abrazivului (fig. 13.71), proprietățile fizico-mecanice ale materialului de prelucrat și ale

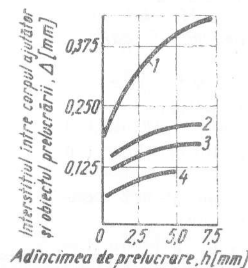


Fig. 13.70. Variația interstițiului dintre corpul ajutător și obiectul de prelucrat, în funcție de adîncimea de prelucrare, pentru diferite granulații ale abrazivului (materialul prelucrat-sticlă, abraziv-carbură de bor, lichid-apă):

1 — granulație nr. 12 STAS 1753-60; 2 — granulație nr. 5; 3 — granulație nr. 4; 4 — granulație M28

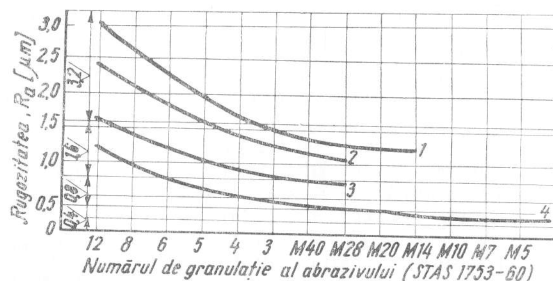


Fig. 13.71. Variația rugozității R_a a suprafeței prelucrate în funcție de granulația abrazivului (suspensie de carbură de bor în apă):

1 — sticlă; 2 — materiale semiconductoare și ceramică; 3 — materiale mineraloceramice (TM-332 după GOST); 4 — aliaje dure

lichidului suspensiei, amplitudinea oscilațiilor și rugozitatea suprafețelor corpului ajutător.

Durabilitatea particulelor abrazive. Particulele abrazive sînt elemente active în spațiul de lucru care determină principalele caracteristici ale metodei: productivitatea, precizia dimensională, rugozitatea suprafețelor prelucrate. Compoziția granulometrică a sorturilor de particule abrazive standardizate cuprind patru fracțiuni (STAS 1753-60): mare, principală, complexă și măruntă cu dimensiuni medii echivalente diferite. Oscilațiile corpului ajutător se transmit cu intensitate ridicată numai particulelor mari (fig. 13.72), care sub acțiunea șocurilor repetate suferă o pronunțată uzură prin fărîmițare și pierdere a calității așchietoare a muchiilor active (tocire). Fărîmițarea particulelor abrazive mari în timpul prelucrării face ca forța de șoc $F_ș$ a corpului ajutător să fie distribuită mai multor particule, scăzînd energia cinetică individuală a acestora, fapt care, împreună cu uzura muchiilor active, duce la scăderea productivității (fig. 13.73). Aceasta impune înlocuirea periodică a abrazivului uzat. Drept criteriu de apreciere a durabilității abrazivului, din considerente economice și precizie dimensională, s-a ales timpul de prelu-

Tabelul 13.41

Principalele caracteristici tehnice ale unor mașini-unelte ultrasonice

Caracteristicile		Tipul mașinii-unelte ultrasonice								
		UZS-1 (U.R.S.S.)	UZS-3M (U.R.S.S.)	UZS-4 (U.R.S.S.)	UZS-5 (U.R.S.S.)	4770 (U.R.S.S.)	Diatron (R.F.G.)	4772 (U.R.S.S.)	MPD (Anglia)	2UPS (U.R.S.S.)
Puterea blocului ultrasonic, kW		0,5–1,5	2	2–3	1–2	0,25	0,6	1,5	0,5	1,5
Frecvența oscilațiilor, kHz		20	18–22	18–22	18–22	18–19	22	20–22	20	16,5
Aria de lucru a mesei, mm²		260 × 600	180 × 180	250 × 600	Ø 140	105 × 125	–	250 × 350	190 × 190	200 × 400
Cursa săniilor	verticală, mm	300	60	135	40	110	270	150	–	150
	longitudinală, mm	360	–	300	60	100	–	100	–	300
	transversală, mm	230	–	200	30	80	–	150	–	150
Diametrul găurilor prelucrate, mm		–	–	–	50	0,5–10	0,3–50	1–40	0,25–0,51	–
Adîncimea maximă de prelucrat, mm		–	–	–	–	(2–5)Ø	40	30	–	–
Unghiul de rotire al capului, grd		–	–	–	60	± 90	–	–	–	–
Forța de avans, daN		–	–	–	0,2–10	4,5	0,05–2	–	–	0–10
Gabaritul mașinii, mm		1 125 × 1 405 × 1 100	570 × 390 1 430	1 075 × 1 037 × 1 863	290 × 570 × 435	515 × 420 × 705	700 × 600 × 2 220	560 × 875 × 1 850	1 800 × 1 090 × 788	1 500 × 1 300 × 1 800
Masa mașinii fără generator, kg		850	–	1 100	100	155	–	1 000	450	400

crare continuă a particulelor abrazive pînă la scăderea la jumătate a productivităţii prelucrării.

Utilaje pentru prelucrarea abrazivo-cavitaţională. Maşinile-unelte ultrasonice au, din punct de vedere constructiv, unele elemente asemănătoare cu maşinile-unelte aşchietoare, şi anume: batiu, ghidaje, sisteme de sănii, lanţuri cinematice pentru mişcări ajutătoare. În acelaşi timp însă prezintă diferenţe specifice metodei, ca: blocul ultrasonic, sisteme de avans, sisteme de circulaţie a suspensiei abrazive, echipament electric de alimentare şi protecţie, elemente automate de reglare a presiunii statice etc. De obicei, generatorul de înaltă frecvenţă constituie o parte independentă, nefiind încorporat în maşina propriu-zisă.

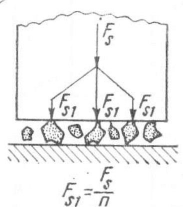


Fig. 13.72. Schema distribuirii forţei de şoc a corpului ajutător asupra particulelor abrazive

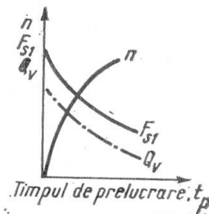


Fig. 13.73. Variaţia în timp a productivităţii volumetrice Q_v, a forţei de şoc ce-i revine unei particule abrazive F_{s1} şi a numărului n de particule lovite simultan de corpul ajutător

După destinaţie, maşinile-unelte ultrasonice se clasifică în: universale, speciale şi specializate. După poziţia mişcării principale (sensul vibraţiei blocului ultrasonic), maşinile ultrasonice pot fi: verticale, orizontale şi chiar înclinate. Maşinile speciale şi specializate sînt, în general, de tip agregat, cu mai multe posturi de lucru construite din subansambluri tipizate.

În fig. 13.74 se prezintă schema de principiu a unei maşini ultrasonice universale. În general, maşinile ultrasonice utilizate industrial (tabelul 13.41) lucrează cu frecvenţe $f = 18 \ldots 25$ kHz şi puteri de 0,1–3 kW.

Corpuri ajutătoare. Forma şi precizia pieselor prelucrate prin eroziune abrazivo-cavitaţională depind, în mare măsură, de geometria, calitatea suprafeţelor şi materialul corpului ajutător. Dintre operaţiile prezentate la generarea suprafeţelor, aplicaţie industrială mai largă au găurirea pătrunsă sau nepătrunsă, retezarea, gravarea şi marcarea. Prelucrarea pieselor de precizie se execută în mai multe treceri (2–10). La prelucrarea orificiilor cilindrice sau profilate în secţiune transversală, corpurile ajutătoare se execută din material plin, pentru secţiuni mici şi tubulare (inelare), pentru secţiuni mari, cu grosimea minimă a peretelui de 0,5–2 mm.

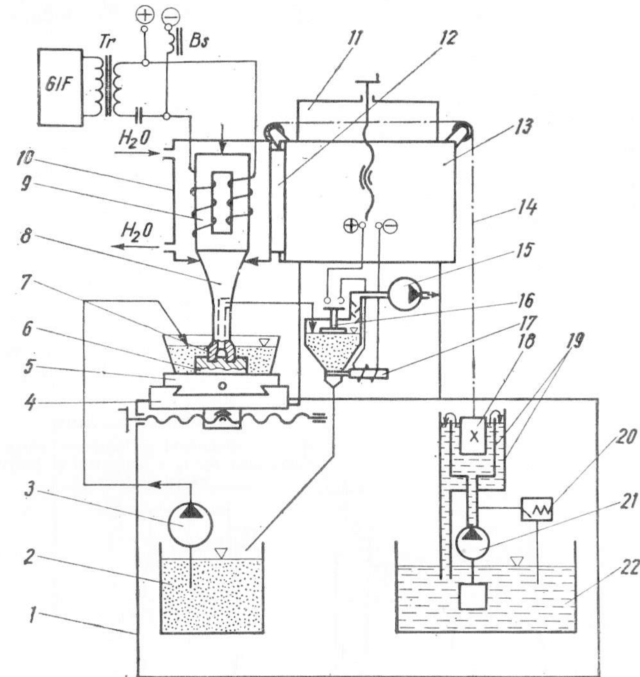


Fig. 13.74. Schema de principiu a unei maşini–unelte ultrasonice cu sistem de aspiraţie a suspensiei abrazive:

1 – batiu; *2* – rezervor cu suspensie abrazivă; *3* – pompă cu debit constant; *4* – sanie transversală; *5* – sanie longitudinală; *6* – obiectul de prelucrat; *7* – corp ajutător; *8* – transformator ultrasonic; *9* – transductor magnetostrictiv; *10* – carcasa blocului ultrasonic; *11* – montant (coloană); *12* – sania blocului ultrasonic; *13* – sanie verticală; *14* – cablu flexibil; *15* – pompă de vid; *16* – plutitor; *17* – electromagnet; *18* – contragreutate; *19* – cilindrii; *20* – supapă de suprapresiune; *21* – pompă cu debit constant; *22* – rezervor cu ulei

Pentru prelucrarea orificiilor nepătrunse de adîncime mică, corpul ajutător are formă exterioară constantă, iar pentru orificii adînci, prezintă o degajare de 0,2–0,5 mm, pentru a reduce frecările axiale şi a micşora conicitatea (fig. 13.75).

La prelucrarea orificiilor pătrunse de precizie ridicată a materialelor uşor prelucrabile prin eroziune abrazivo-cavitaţională, se recomandă prelucrarea cu corpuri ajutătoare combinate (fig. 13.76), astfel încît la o singură trecere să se realizeze degroşarea şi finisarea, reducînd timpii auxiliari de schimbare a corpurilor ajutătoare. În acelaşi timp se asigură o precizie ridicată a coaxialităţii şi un interstiţiu constant pe toată periferia.

La prelucrarea orificiilor dreptunghiulare sau rotunde în aliaje dure şi oţel călit se recomandă pentru corpul ajutător conicităţi inverse şi faţete de ghidare (fig. 13.77).

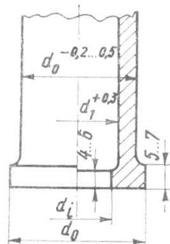


Fig. 13.75. Geometria corpului ajutător pentru orificii nepătrunse adînci

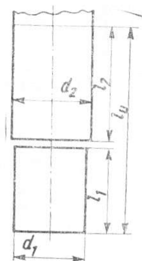


Fig. 13.76. Geometria corpului ajutător combinat pentru prelucrarea de degroşare şi finisare a orificiilor pătrunse:

d_1, l_1 — diametrul şi lungimea părţii de degroşare; d_2, l_2 — diametrul şi lungimea părţii de finisare

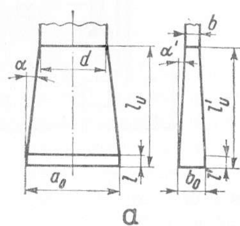


Fig. 13.77. Geometria corpului ajutător pentru prelucrarea aliajelor dure şi oţelurilor călite:

a — pentru orificii dreptunghiulare; *b* — pentru orificii cilindrice

Dimensiunile părţii active a corpului ajutător se calculează cu următoarele relaţii:

— pentru degroşare

$$d_0 = D_N - (0,4 \ldots 0,6) \quad [\text{mm}];$$

respectiv

$$a_0 = A_N - (0,4 \ldots 0,6) \quad [\text{mm}]; \qquad (13.19)$$

$$b_0 = B_N - (0,4 \ldots 0,6) \quad [\text{mm}];$$

— pentru finisare

$$d_0 = D_N + T - 2d_a \quad [\text{mm}];$$

$$a_0 = A_N + T - 2d_a \quad [\text{mm}]; \qquad (13.20)$$

$$b_0 = B_N + T - 2d_a \quad [\text{mm}],$$

Tabelul 13.42

Numărul de recondiţionări a corpurilor ajutătoare din OSC 8 la prelucrarea aliajelor dure în funcţie de adîncimea şi precizia prelucrării (suspensie de carbură de bor în apă)

Adîncimea de prelucrare, mm	1			2			5			8			10		
Precizia de prelucrare, mm	0,02	0,05	0,1	0,02	0,05	0,1	0,02	0,05	0,1	0,02	0,05	0,1	0,02	0,05	0,1
Numărul de recondiţionări sau de înlocuiri ale corpului ajutător uzat	6	5	4	7	6	5	8	7	6	9	8	7	9–10	8	7

în care: d_0, a_0 şi b_0 sînt dimensiunile active ale corpului ajutător, mm; D_N, A_N şi B_N — dimensiunile nominale indicate pe desenul de execuţie al piesei, mm; T este cîmpul de toleranţă al piesei, mm; d_a — diametrul mediu echivalent al particulelor abrazive, mm. Pentru lăţimea faţetei se recomandă $l = 0,5 \ldots 2$ mm, iar pentru unghiurile de înclinare la degroşare se recomandă $\alpha = 1,5 \ldots 2,5°$, iar la finisare, $\alpha = 0,1 \ldots 0,3°$. Numărul de recondiţionări ale corpului ajutător se alege funcţie de adîncimea prelucrării şi precizia piesei (tabelul 13.42). Fixarea corpurilor ajutătoare de transformatorul ultrasonic se face obişnuit fie prin lipire îngrijită, fără goluri, cu alamă sau aliaje de argint, fie prin înşurubare, fie combinat (fig. 13.78). Materiale pentru corpuri ajutătoare: OSC 8, OSC 9 (STAS 1700-64), OLC 35, ... 55 (STAS 880-66); Rp 3, Rp 4 (STAS 7382-66), 10 TNC 180 (STAS 3583-64); 31 CMS 10 (STAS 791-66).

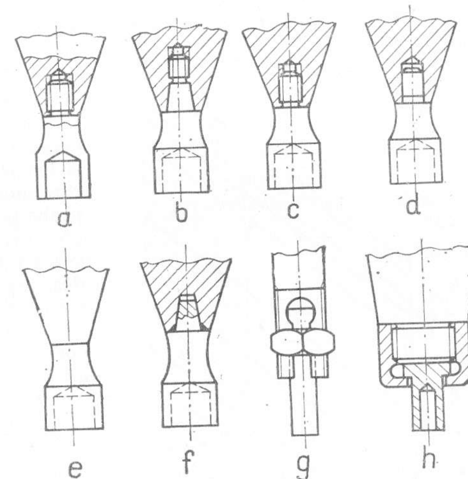


Fig. 13.78. Variante de fixare a corpului ajutător de transformatorul ultrasonic:

a — cu filet; *b* — cu filet şi centrare prin asamblare conică; *c* — cu filet şi lipire; *d* — lipire şi centrare prin asamblare cilindrică; *e* — lipire; *f* — asamblare conică şi lipire; *g* — strîngere elastică; *h* — fixare cu piuliţă olandetă

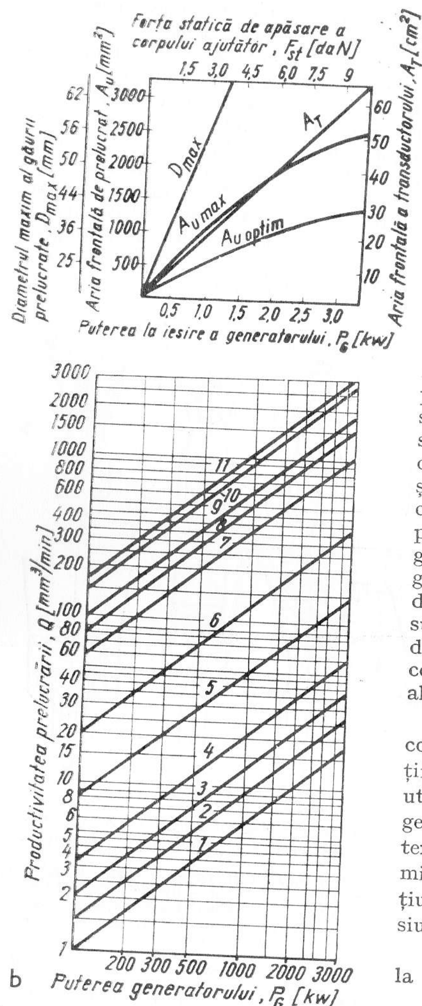


Fig. 13.79. Nomograme pentru alegerea regimului de lucru la prelucrarea abrazivo-cavitațională:

a — nomogramă pentru alegerea parametrilor regimului de prelucrare funcție de puterea la ieșire a generatorului de înaltă frecvență; *b* — dependența productivității volumetrice funcție de puterea de ieșire a generatorului, pentru diferite materiale prelucrate: *1* — suspensie de carbură de bor; *2* — oțel rapid; *3* — duraluminiu, alamă; *4* — aliaje dure; *5* — safir; *6* — mineraloceramice; *7* — agat; *8* — cuarț; *9* — ceramică; *10* — ferită, germaniu, siliciu; *11* — sticlă. Condiții de lucru: amplitudinea oscilațiilor $A = 50\ \mu m$; frecvența oscilațiilor $f = 20$ kHz; suspensie de carbură de bor cu granulație 12 în apă cu concentrația volumetrică 50%

13.7.4. PROCESUL TEHNOLOGIC DE PRELUCRARE

Posibilitățile tehnologice de aplicare a metodei nu sînt studiate suficient. În prezent se cunosc următoarele domenii de aplicabilitate: prelucrarea filierelor, matrițelor și poansoanelor cu configurație complexă și dimensiuni mici, din aliaje dure și de oțeluri tratate termic; prelucrarea pieselor din materiale semiconductoare (germaniu, siliciu); fabricarea pieselor din sticlă, cuarț, ceramică specială, utilizate în optică și construcția de aparate; prelucrarea pieselor din ferite și materiale metaloceramice utilizate în radiotehnică; prelucrarea mineralelor prețioase naturale și sintetice; realizarea orificiilor nepătrunse de precizie, cu dimensiuni mici de profil simplu sau complex în piese de oțel cementat sau nitrurat; rectificarea sticlei, cuarțului și ceramicii; executarea orificiilor cu axă curbă și formă complexă în piese din sticlă mineraloceramică și metaloceramică; executarea unor probe pentru studiul proprietăților materialelor greu prelucrabile prin metode obișnuite. La alegerea tehnologiei de prelucrare se au în vedere și dezavantajele metodei: **nu permite prelucrarea suprafețelor și adîncimilor mari; consum mare de energie; productivitate mică și uzură mare a corpului ajutător la prelucrarea pieselor din aliaje dure și oțel călit.**

Elaborarea unui proces tehnologic rațional constă în alegerea succesiunii logice a operațiilor de prelucrare, regimului optim de lucru, utilajului și dispozitivelor ajutătoare. La alegerea regimului de lucru se ține seama de interdependența factorilor specifici metodei: viteza mișcării principale, puterea generatorului, secțiunea de prelucrat, granulația abrazivului, presiunea statică (fig. 13.79).

Reducerea timpului de bază și auxiliar la găurire se realizează prelucrînd piese în

pachet și, în general, utilizînd scule combinate. La găuri pătrunse, la intrarea și ieșirea corpului ajutător se produc rotunjiri (ciobituri) a orificiilor pieselor extreme. Aceste abateri se elimină fie prin utilizarea unor adaosuri cu grosimea de 1—3 mm încleiate pe pachetul de piese, fie prin prelucrarea bilaterală cu 1 sau 2 blocuri ultrasonice coaxiale (fig. 13.80). La retezarea lamelelor de 0,15—5 mm din sticlă, cuarț (plăcuțe rezonatoare) materiale semiconductoare etc. se utilizează corpuri ajutătoare combinate formate din 20—50 benzi de oțel tratat termic (*HRC* = 42... 46), cu grosimea de 0,3—0,5 mm,

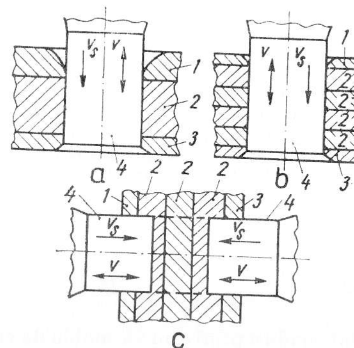


Fig. 13.80. Soluții tehnologice de reducere a rotunjirii marginilor orificiilor prelucrate la intrarea și ieșirea corpului ajutător:

a și *b* — prelucrare unilaterală; *c* — prelucrare bilaterală; *1* și *3* — plăci de adaos; *2*—obiectele de prelucrat; *4* — corp ajutător; *v* — viteza mișcării principale; v_s — viteza mișcării ajutătoare

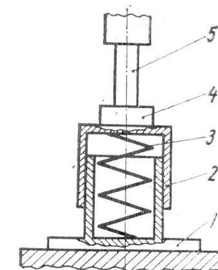


Fig. 13.81. Dispozitiv cu arc pentru realizarea presiunii statice între corpul ajutător și obiectul de prelucrat, la executarea orificiilor de diametru mic:

1—placă de bază cu cilindru de ghidare; *2* — cilindru glisant; *3* — arc; *4* — obiectul de prelucrat; *5* — corp ajutător

care acționează simultan. Obținerea orificiilor cu diametru foarte mic, Ø = 0,06 ... 0,3 mm, constituie o problemă tehnologică dificilă, din cauza rigidității reduse a corpului ajutător la aplicarea presiunii statice, indispensabile procesului de eroziune. Prelucrarea se realizează pe mașini ultrasonice de precizie ridicată, cu mecanisme de avans foarte sensibile, utilizînd dispozitive speciale cu arc (fig. 13.81).

13.8. PRELUCRAREA PRIN EROZIUNE CU RADIAȚII

Radiațiile corpusculare sau cele electromagnetice la densități mari de energie, concentrate într-o pată focală asupra unui obiect, pot genera la locul de interacțiune surse termice de temperaturi înalte, care sînt capabile să prelucreze prin eroziune orice material utilizat în tehnică.

Dintre procedeele de prelucrare cu radiații mai răspîndite în practica industrială sînt cele care utilizează fasciculele de electroni și fasciculele de fotoni.

13.8.1. PRELUCRAREA CU FASCICUL DE ELECTRONI

13.8.1.1. FENOMENE FIZICE DE BAZĂ LA PRELUCRAREA CU FASCICUL DE ELECTRONI. Fasciculul de electroni folosit la prelucrarea materialelor este un curent de electroni cu densitate și energie cinetică mari, accelerați, focalizați și comandați într-un spațiu cu grad înaintat de vidare. Principial (fig. 13.82), electronii produși prin

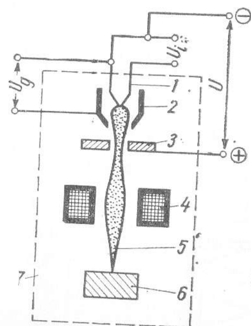


Fig. 13.82. Schema de principiu a prelucrării cu fascicul de electroni:

1 — termocatod; *2* — electrod de comandă; *3* — anod; *4* — sistem de focalizare; *5* — fascicul de electroni; *6* — obiectul de prelucrat; *7* — cameră vidată; U_g — tensiune de comandă; U_i — tensiune de încălzire a catodului

emisiune termoelectronică de către catodul *1* sînt conduși printr-un ansamblu de electrozi, *2* și *3*, astfel încît să străbată o diferență mare de potențial U și să preia de la cîmpul electric o energie cinetică conform relației

$$n \cdot e \cdot U = n \frac{mv^2}{2} \quad [J], \tag{13.21}$$

în care: n este numărul electronilor;
e — sarcina electrică a unui electron, Cb;
m — masa electronului, kg;
v — viteza electronilor, m/s.

Fasciculul dirijat de electrodul de comandă trece prin orificiul anodului și apoi este focalizat prin lentile electrono-optice, pe obiectul prelucrării, în pete focale de diametre foarte mici (microni sau zeci de microni). Electronii accelerați, pătrunzînd în corpul solid, interacționează cu substanța acestuia. Energia lor cinetică este absorbită pe măsură ce, prin interacțiuni repetate, viteza de intrare scade ca mărime și-și modifică direcția. Unghiul devierii probabile a electronilor crește pe măsura micșorării vitezei, astfel că mărimea pierderilor de energie cinetică (transformată aproape integral în căldură) are un maximum la așa-numita *adîncime de pătrundere*, unde materialul se încălzește la temperatura cea mai ridicată. Adîncimea de pătrundere

$$x_p = 2{,}2 \cdot 10^{-12} \frac{U^2}{\rho} \quad [cm], \tag{13.22}$$

unde: U este tensiunea de accelerare, V;
ρ — densitatea materialului, g/cm³.

Rezultă că, la prelucrarea cu fascicul de electroni, sursa de căldură principală este volumetrică. Materialul se încălzește pînă la vaporizare sub o zonă superficială de grosime δ_s (fig. 13.83), care poate fi considerată transparentă la electroni. Presiunea vaporilor expulzează materialul din zona de grosime δ_s și o parte din materialul ajuns în stare de fuziune. Se formează astfel un crater de eroziune. Formarea craterului este condiționată de localizarea încălzirii în zona sursei pînă la 6 000°C, în timp ce la o distanță de

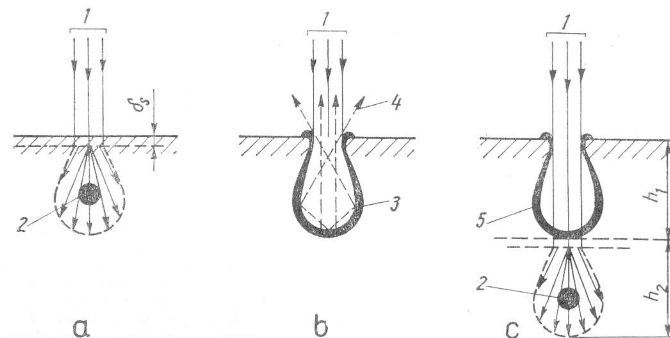


Fig. 13.83. Schema de principiu a procesului de eroziune cu fascicul de electroni:

a — formarea sursei termice; *b* — formarea craterului de eroziune; *c* — repetarea impulsului; *1* — fascicul de electroni; *2* — sursă termică; *3* — fază lichidă; *4* — jet de vapori; *5* — zonă solidificată; h_1, h_2 — adîncimi prelucrate

numai 1 µm temperatura nu depășește 300—400°C. Gradientul ridicat al temperaturii se realizează prin conectarea periodică a fasciculului de electroni în impulsuri cu o durată mică ($10^{-6}-10^{-4}$ s) și frecvență ridicată (10^2-10^4 Hz). Impulsurile următoare creează alte cratere de eroziune pînă la străpungerea completă a obiectului de prelucrat.

La puteri mici ale fasciculului, procesul de încălzire poate fi dirijat, pentru a se obține numai faza lichidă, permițînd dirijarea unor operații de prelucrare fără îndepărtare de material (sudare).

13.8.1.2. INSTALAȚII PENTRU PRELUCRAREA DIMENSIONALĂ CU FASCICUL DE ELECTRONI. O instalație de prelucrare cu fascicul de electroni, indiferent de tipul constructiv (un exemplu se prezintă în fig. 13.84), este formată dintr-un sistem electrono-optic (proiectorul de electroni și sistemul de focalizare), surse de alimentare cu energie electrică, sistem de vidare și dispozitive auxiliare.

Proiectorul de electroni este format din termocatodul *1* și anodul *3*, prevăzut cu orificiu de extracție a electronilor. Forma specială a acestor electrozi permite, atunci cînd sînt puși sub tensiune, realizarea în spațiul dintre ei a unei distribuții de potențial, care acționează ca o lentilă electrostatică, asigurînd trecerea electronilor prin orificiul anodului. Uneori proiectoarele au și un electrod intermediar (de comandă), *2*, sub formă de diafragmă, cilindru sau combinații de cilindri și diafragme. Prin variația negativării electrodului intermediar, se determină focalizarea fasciculului în orificiul anodului, se comandă întreruperea periodică și mărimea curentului în impulsuri, durata și frecvența acestora. Termocatozii sînt încălziți direct, prin efect Joule-Lenz, sau indirect, prin conducție sau radiație; pot fi construiți din metale pure (W, Ta, Mo, Nb), cu peliculă

emisivă (W cu peliculă de toriu), cu oxizi (de Ba sau Sr depuşi pe un suport de nichel) sau complecşi. Anodul se execută din molibden sau aliaje kovar-inox, kovar-tantal.

Sistemul de focalizare este constituit din una sau mai multe lentile electromagnetice. Fasciculul de electroni acceleraţi în tunul electronic este concentrat la ieşire de către lentila de focalizare *4* scurtă. Secţiunea minimă a fasciculului este aproape de centrul lentilei (distanţa focală $f_c = 2 \ldots 3$ mm) şi este dificil de folosit în scopuri tehnologice.

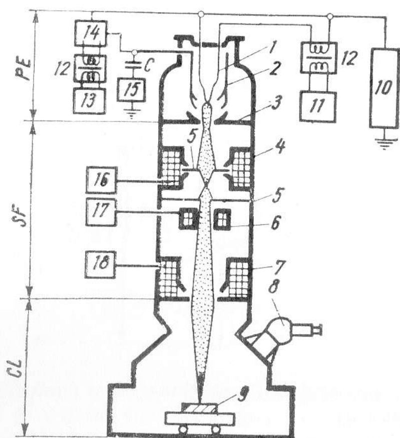


Fig. 13.84. Sistemul electrono-optic şi schema bloc de alimentare electrică a unei instalaţii cu fascicul de electroni:

PE — proiector de electroni; *SF* — sistem de focalizare; *CL* — cameră de lucru; *1* — catod; *2* — electrod de comandă; *3* — anod; *4* — lentilă de focalizare scurtă; *5* — diagrame; *6* — stigmator; *7* — lentilă de focalizare lungă; *8* — microscop; *9* — obiectul de prelucrat; *10* — sursă de înaltă tensiune; *11* — sursă de încălzire a catodului; *12* — transformatoare; *13* — sursă de negativare a electrodului de comandă; *14* — redresor; *15* — modulator cu condensator de cuplare; *16* şi *18* — stabilizatoare de curent pentru alimentarea lentilelor de focalizare; *17* — stabilizator de curent pentru alimentarea stigmatorului

De aceea, mai jos este plasată o altă lentilă, *7*, de focalizare lungă ($f_c = 30 \ldots 180$ mm), care permite prelucrarea unor piese de dimensiuni relativ mari. Focalizarea este îmbunătăţită prin introducerea unor diafragme, *5*, care reţin electronii laterali, şi a unei bobine de corecţie (stigmatorul *6*), care asigură forma de cerc corect a secţiunii transversale a fasciculului, rectificînd abaterile formei datorate imperfecţiunilor constructive ale lentilelor.

Alimentarea cu energie electrică a diferitelor elemente ale instalaţiei se face de la surse separate. Particularitatea de bază a acestor surse constă în necesitatea menţinerii unei stabilităţi înalte a tensiunii şi curentului pentru a limita aberaţiile lentilelor magnetice şi diametrul petei de focalizare. În tot timpul prelucrării, toate tensiunile trebuie menţinute cu o precizie de 0,01%. Sursa de înaltă tensiune continuă ($U = 25 \ldots 200$ kV) este, de obicei, legată cu polul pozitiv la pămînt, ceea ce impune izolarea electrică de restul instalaţiei a catodului şi a electrodului de comandă, precum şi a surselor de alimentare ale acestora.

Sistemul de vidare, pentru o funcţionare normală a instalaţiilor trebuie să asigure presiuni mai mici de $1{,}4 \cdot 10^{-8}$ N/m², la care lungimea totală a traiectoriei electronilor în camera de vid este mai mică decît parcursul liber mijlociu al moleculelor din gazul rezidual. Se evită astfel apariţia produselor de ionizare, care ar provoca dispersia fasciculului şi străpungeri laterale.

Instalaţia de pompare se compune dintr-un sistem de pompe în trepte: pompe de vid preliminar (de obicei pompe mecanice cu palete), care asigură funcţionarea pompelor de vid înainte (de difuzie cu ulei sau mercur).

Dispozitivele auxiliare cele mai importante sînt cele care asigură deplasarea relativă între fasciculul de electroni şi obiectul de prelucrat. Deplasări mici (pînă la 4—6 mm)

se pot realiza prin completarea sistemului electrono-optic cu o bobină de deflecţie, care deviază fasciculul, plimbînd pata focală pe obiectul de prelucrat (fig. 13.85).

Pentru deplasări mai mari se folosesc mese în coordonate şi rotative, acţionate de motoare electrice. La producţia de serie sînt adaptate uneori dispozitive mai complicate

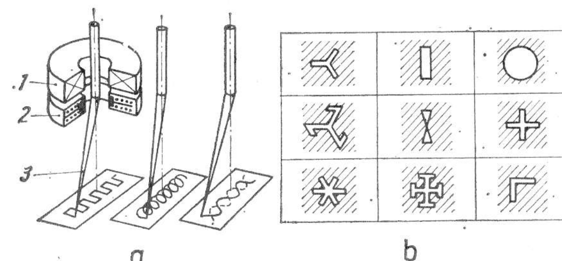


Fig. 13.85. Deplasarea fasciculului de electroni prin deflecţie:

a — scheme de deplasare; *b* — exemple de orificii (fante) prelucrate prin deflecţia fasciculului; *1* — bobină de focalizare; *2* — stigmator; *3* — fascicul de electron

pentru manevrarea semifabricatelor. De exemplu, se montează ecluze de presiune la camera de lucru prin care trec transbordoare, evitîndu-se devidarea la schimbarea piesei. Operaţiile efectuate sînt conduse după program.

13.8.1.3. OPERAŢII DE PRELUCRARE CU FASCICUL DE ELECTRONI. Prelucrarea dimensională cu fascicul de electroni, realizată printr-un proces de vaporizare în vacuum, este posibilă numai în cazul în care cantitatea de căldură folosită pentru încălzirea, topirea şi vaporizarea materialului este mai mare decît căldura pierdută prin conducţie şi radiaţie.

Condiţia de vaporizare impune pentru fiecare material o valoare minimă a puterii specifice în focarul fasciculului de electroni (exemple se dau în tabelul 13.43).

Tabelul 13.43

Puteri specifice minime necesare pentru prelucrarea dimensională cu fascicul de electroni

Materialul de prelucrat	Temperatura de topire, °C	Conductivitatea termică, J/cm·g·s	Puterea specifică minimă pentru prelucrarea dimensională cu fascicul de electroni, 10^6 W/cm²
Titan	1800	0,146	38—5
Nichel	1452	0,890	8—9
Fier	1535	0,728	8,5—10
Aluminiu	658	0,896	15—30
Tantal	2900	0,544	15—18
Platină	1770	0,698	17—19
Molibden	2636	1,465	27—30
Cupru	1083	3,850	29—31
Wolfram	3380	1 970	28—31

Materialul prelucrat	Temperatura de topire, [°C]	Conductivitatea termică, [J/cm·g·s]	Densitatea, [g/cm³]	Grosimea materialului, [μm]	Diametrul găurii, [μm]
Wolfram	3380	1,99000	19,22	30	8
				30	15
Molibden	2620	1,45000	10,40	30	10
Fier	1535	0,67500	7,86	100	24
Argint	960	4,18500	10,50	20	1
Aluminiu	660	2,09000	2,70	30	10
Titan	1725	0,15100	4,54	30	7
Cupru	1083	3,81000	8,92	30	15
Constantan	1190	0,22600	8,90	20	2
				100	6
Alamă	—	—	8,50	300	8
Cuarț	1756	0,013800	2,20	4 000	18
Steatit	1450	0,00252	2,50	300	5
Ferită	—	—	4,65	2 000	10
Sticlă	—	0,00544	2,23	1 000	15

Tabelul 13.44

Regimuri tehnologice la prelucrarea microorificiilor cu fascicul de electroni

Tensiunea de accelerare, [kV]	Intensitatea curentului, [A]	Puterea specifică, [W/cm²]	Viteza de vaporizare, [g/s]	Timpul de prelucrare, [s]
100	$8 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{8}$	$2,9 \cdot 10^{-10}$	100
100	10^{-3}	$5,6 \cdot 10^{7}$	$8,47 \cdot 10^{-10}$	120
100	$8 \cdot 10^{-4}$	10^{8}	$7,8 \cdot 10^{-10}$	30
100	$6 \cdot 10^{-4}$	$1,33 \cdot 10^{6}$	$5,9 \cdot 10^{-8}$	6
100	10^{-5}	$1,3 \cdot 10^{8}$	$5,43 \cdot 10^{-11}$	3
80	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{4}$	$6,47 \cdot 10^{-9}$	1
80	$2 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{6}$	$1,02 \cdot 10^{-7}$	0,5
100	10^{-3}	$5,6 \cdot 10^{7}$	$9,44 \cdot 10^{-9}$	5
80	10^{-5}	$2,54 \cdot 10^{7}$	$1,12 \cdot 10^{-10}$	0,5
100	10^{-5}	$3,5 \cdot 10^{6}$	$5,04 \cdot 10^{-9}$	5
100	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$6,9 \cdot 10^{7}$	$2,44 \cdot 10^{-9}$	5
100	$5 \cdot 10^{-4}$	$1,96 \cdot 10^{7}$	$1,25 \cdot 10^{-7}$	180
100	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$1,63 \cdot 10^{8}$	$4,6 \cdot 10^{-8}$	3
100	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{7}$	$3,65 \cdot 10^{-7}$	2
100	$6 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{7}$	$1,84 \cdot 10^{-7}$	24

Pentru optimizarea procesului de prelucrare a unui material dat trebuie să se țină seama de interdependența dintre mărimile caracteristice ale fasciculului: tensiunea de accelerare U și parametri impulsurilor (curentul I_i, durata t_i, frecvența f_i, sarcina impulsului $q_i = I_i t_i$ și raportul t_p/t_i dintre timpul de pauză și durata impulsului).

Se urmărește corelarea acestor parametrii astfel încît numărul de impulsuri n_i necesare pentru perforarea materialului de grosime δ să fie cît mai mic. Întrucît nu s-au putut elabora expresii analitice pentru funcțiile complicate de interdependență între parametrii, acestea se determină experimental pentru fiecare material în parte.

Prelucrarea cu fascicul de electroni este limitată de necesitatea vidării spațiului de lucru și utilizării înaltei tensiuni. Este totuși economică și foarte eficace la executarea unor piese de dimensiuni mici, din materiale greu prelucrabile, la obținerea unor orificii de diametru mic și a fantelor înguste, la tăierea rectilinie sau curbilinie a peliculelor și plăcuțelor de grosime mică.

Găurirea cu fascicul de electroni este economică la executarea unor orificii singulare sau a sistemelor de orificii (site, rețele) cu diametre sub 0,1 mm în corund sintetic (lagăre și filiere), în aliaje dure (filiere), în materiale refractare, sticlă, ceramică (filiere pentru fibre sintetice), în materiale plastice (filtre fine — 70 000 de orificii cu diametrul de 2 μm pe un centimetru pătrat de folie).

Orientativ, în tabelul 13.44 se prezintă regimurile tehnologice la prelucrarea micro-orificiilor cu fascicul de electroni în diverse materiale. La orificii foarte mici se constată o lipsă de stabilitate a dimensiunilor. Cele mai stabile rezultate s-au obținut la orificii de diametre între 25—50 μm. Productivitatea instalațiilor poate fi foarte mare (aproximativ 3 000 orificii pe oră) și este limitată de deplasarea semifabricatului. Pentru deplasarea în trepte cu ajutorul unui dispozitiv automat se consumă aproximativ 0,8 s/orificiu, adică mult mai mult decît pentru găurirea propriu-zisă.

O problemă deosebită o ridică prelucrarea materialelor electroizolante, la care trebuie luate măsuri speciale pentru înlăturarea electrizării, ce poate constitui zone de sarcini spațiale ce conturbă procesul de prelucrare. Suprafața obiectelor de prelucrat se acoperă cu straturi fine conductoare, iar zona prelucrată se bombardează suplimentar cu electroni de energie mică care provoacă o puternică emisie secundară.

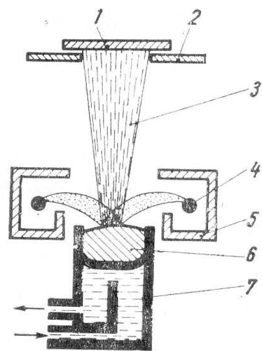


Fig. 13.86. Schema de principiu a depunerii de acoperire cu fascicul de electroni:

1 — suport pentru depunere; *2* — mască-șablon; *3* — vapori de metal; *4* — termocatod; *5* — electrod de comandă; *6* — material de depus; *7* — creuzet răcit cu apă

Prin operații de tăiere după contur și prelucrare de canale cu fascicul de electroni se execută multe piese și dispozitive auxiliare în tehnica electronică miniaturală (elemente semiconductoare, rezistențe de precizie, măști pentru metalizarea microschemelor etc.).

Fasciculul de electroni poate fi folosit și la realizarea unor depuneri de acoperire. Instalațiile utilizate pentru depuneri au sistemul electrono-optic simplificat, în general lipsind bobinele de focalizare. Într-o astfel de instalație (fig. 13.86), metalul de depus, plasat într-un creuzet constituie anodul iar fasciculul de electroni emiși de termocatod este deviat și focalizat electrostatic de către electrodul de comandă. Vaporii rezultați din eroziunea anodului se condensează în vid pe obiectul suport, dînd acoperiri foarte fine (filme metalice). Zonele de acoperit sînt delimitate prin ecrane șablon (măști), executate din tantal sau molibden. Pe lîngă acoperiri de protecție și izolație, pe această cale se pot realiza scheme electrice integrate de mare precizie.

13.8.2. PRELUCRAREA CU FASCICUL DE FOTONI

13.8.2.1. PRINCIPIUL GENERĂRII FASCICULULUI DE FOTONI. Fasciculele de fotoni se realizează în generatoare cuantice de radiații, numite în literatura de specialitate lasere.

Principiul general de funcționare a acestor generatoare se bazează pe absorbția de energie de către un mediu activ și emiterea acesteia sub formă de radiație stimulată. Dacă se consideră un ansamblu N de sisteme atomice (molecule, atomi sau ioni) care alcătuiesc o substanță, acestea vor popula — în funcție de energia proprie momentană — nivele energetice cuantificate, astfel încît pe nivelele posibile 1, 2, 3 . . . n se vor găsi $N_1, N_2, N_3 \ldots N_n$ sisteme ($N = N_1 + N_2 + N_3 + \ldots + N_n$). În stare de echilibru termodinamic, raportul numerelor $N_1, N_2, N_3 \ldots N_n$ (raportul populațiilor) este determinat de legea

$$N_i = N_1 \, e^{\frac{E_i - E_1}{-k\theta}}, \tag{13.23}$$

în care: $i = 1 \ldots n$, k este constanta lui Boltzman; θ — temperatura absolută; $E_i - E_1$ este diferența dintre energia nivelului i și nivelului fundamental 1. Această relație arată că în echilibru natural $N_1 < N_2 < N_3 < \ldots < N_n$ la $E_1 < E_2 < E_3 < \ldots < E_n$. Starea de echilibru se realizează în interiorul ansamblului cu energie internă constantă, la o anumită temperatură θ, în condițiile existenței schimbului de energie între sistemele atomice diferite precum și între acestea și întreg ansamblu conform tranzițiilor posibile reciproce între nivelele energetice ale sistemelor atomice (excitări, dezexcitări).

Dezexcitarea unui sistem se poate face neradiativ, cînd energia eliberată este preluată de ansamblul sistemelor (de exemplu, rețeaua cristalină) sau radiativ (spontan sau stimulat), cînd energia se emite sub forma unei cuante electromagnetice de frecvență f dată de relația

$$hf = \Delta E \tag{13.24}$$

în care h este constanta lui Planck iar ΔE — diferența de energie între nivelele de tranziție.

Undele electromagnetice pot interacționa cu un sistem atomic în două moduri, cu efecte diferite: prin absorbție de radiație, cînd se produce excitarea sistemului; prin emisie stimulată de radiație, cînd se produce dezexcitarea unui sistem excitat, prin interacțiunea acestuia cu o cuantă de energie incidentă de aceeași frecvență cu cea a cuantei de dezexcitare.

Dacă sînt create condiții speciale, este posibilă amplificarea radiației stimulate, cei doi fotoni rezultați printr-o emisie (între nivelul i și nivelul 1 de exemplu) putînd stimula încă două sisteme atomice de pe nivelul i, rezultînd 4 fotoni stimulatori, apoi 8 etc., prin multiplicare în serie geometrică (fig. 13.87).

Prima condiţie necesară este realizarea unei inversiuni de populaţie între cele două nivele implicate în proces: $N_i < N_1$, respectiv crearea, pentru un anumit timp, a unui echilibru forţat. În funcţie de natura materialului care constituie mediul activ şi determină tipul de laser inversiunea de populaţie se poate face prin mai multe metode (tabelul 13.45). Fiecare metodă de inversiune are mecanismul său fizic specific.

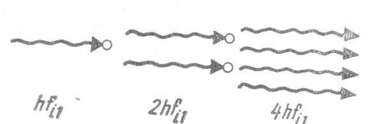


Fig. 13.87. Schema de principiu a amplificării radiaţiei stimulate

A doua condiţie pentru obţinerea efectului laser este aşa-numita condiţie de autooscilaţie, determinată de cerinţa ca puterea radiaţiei obţinută prin amplificare să depăşească puterea radiaţiei pierdută în mediu, ceea ce presupune în primul rînd ca surplusul de populaţie pe nivelul energetic superior $\Delta N = N_i - N_1$ să depăşească o anumită valoare, care corespunde unui prag al puterii radiaţiei de pompaj peste care laserul poate funcţiona în regim de generator. Stimularea se face în acest caz de către fotonii de aceeaşi lungime de undă emişi spontan în interiorul mediului activ. În al doilea rînd, pentru dezexcitarea din fază şi pe o anumită direcţie a unui număr cît mai mare de sisteme atomice excitate, mediul activ trebuie plasat într-un dispozitiv optic cu reflexii multiple — cameră de rezonanţă. În cea mai simplă cameră de rezonanţă (fig. 13.88), amplificarea radiaţiei stimulate şi selectarea fotonilor codirecţionali cu axa laserului este realizată prin plasarea unei oglinzi opace într-o parte a mediului activ şi a uneia semitransparente, paralelă cu prima în partea opusă. Radiaţia amplificată iese parţial prin suprafaţa semitransparentă formînd fasciculul laser coerent, monocrom, direcţional şi foarte intens. Datorită

Tabelul 13.45

Metode de realizare a inversiunii de populaţie

Tipul de laser	Metoda de inversiune	Sursa de excitaţie
Cu mediu activ solid	Prin iradiere optică	Lămpi cu descărcări în gaze Energie solară
Cu semiconductori	Prin injecţie de electroni în găuri Prin iradiere electronică Prin iradiere optică	Surse de curent electric Tunuri electronice speciale Laseri de diferite tipuri
Cu mediu activ gazos	Prin ciocniri neelastice	Generatoare de radiofrecvenţă Descărcări electrice în mediul activ Tunuri electronice speciale
	Prin iradiere optică	Lămpi cu descărcări în gaze
Chimici	Disocieri chimice	Mediu chimic activ

timpului scurt în care se produce emisiunea stimulată şi amplificarea (aproximativ 10^{-6} s) şi a posibilităţii de focalizare optică fasciculul poate fi concentrat pe suprafeţe mici, la densităţi de putere ce pot ajunge la 10^{10} W/cm².

13.8.2.2. INSTALAŢII PENTRU PRELUCRARE CU FASCICUL DE FOTONI. Principial, orice instalaţie laser are elemente funcţionale descrise în continuare.

Sistemul de excitaţie este format din sursa de alimentare cu energie electrică şi sursa de excitaţie.

Sursele de alimentare pot fi de mai multe tipuri. Cele mai des utilizate sînt, în principiu, de trei categorii:

— cu acumulare de energie în condensatori de capacitate mare aproximativ 1 000 μF), la o tensiune înaltă (de ordinul 10 kV), pentru laseri solizi care funcţionează în impuls;

— cu redresori pentru intensităţi mari de curent (puteri de zeci de kilowaţi), pentru laseri solizi cu funcţionare continuă;

— cu generatoare de înaltă tensiune continuă sau alternativă de înaltă frecvenţă (20—30 MHz), pentru laseri cu gaz funcţionînd în regim continuu sau pulsant.

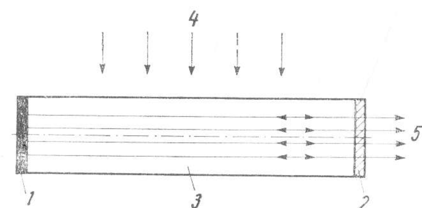


Fig. 13.88. Schema generării fasciculului laser în rezonator cu oglinzi plane paralele: *1* — oglindă cu reflexie totală; *2* — oglindă semitransparentă; *3* — mediu activ; *4* — radiaţie de pompaj; *5* — fascicul laser

Dintre sursele de excitaţie cele mai răspîndite sînt cele de iradiere optică (de obicei, lămpi cu descărcări în gaze). Acestea se caracterizează printr-un randament foarte scăzut. Din toată energia dezvoltată, pentru realizarea pompajului este absorbită o cantitate foarte mică (0,01—2%), restul consumîndu-se pentru încălzirea puternică a mediului activ. De aceea, cele mai multe surse lucrează în impulsuri de scurtă durată şi sînt plasate în carcase reflectante, într-o astfel de geometrie, încît să concentreze o cantitate cît mai mare de lumină asupra mediului activ.

Cavitatea de rezonanţă cu mediul activ, în afară de rezonatorii cu oglinzi plane paralele, poate fi de mai multe tipuri constructive, (cu două oglinzi sferice cu focar comun şi raze de curbură comună, egală cu distanţa dintre ele, cu suprafeţe prismatice cu reflecţie totală etc.).

Drept mediu activ poate fi folosită o gamă foarte largă de materiale solide, semiconductoare şi gazoase. Au fost realizaţi şi laseri cu mediu activ lichid.

Sistemul optic de focalizare se bazează pe proprietăţile de reflecţie şi refracţie ale fasciculului laser. Aparatura necesară — lentile, prisme, oglinzi sferice — se alege în funcţie de lungimea de undă a fasciculului astfel încît pierderile în sistemul de focalizare şi aberaţia cromatică să fie minime. În unele cazuri, lentilele obişnuite nu corespund şi pentru focalizare se folosesc lentile de germaniu sau oglinzi cu aur, argint sau aluminiu.

Intensitatea radiaţiei în pata focalizată nu este constantă: este maximă în centrul petei şi scade cu creşterea razei acesteia. Convenţional, se consideră diametrul petei egal cu dublul distanţei de la axa fasciculului pînă la zona unde intensitatea radiaţiei este 1/8 din valoarea maximă.

Cu precizie suficientă se poate calcula diametrul petei

$$d_p = \frac{\lambda f_c}{D}, \qquad (13.25)$$

unde: f_c este distanţa focală; D — diametrul fasciculului la intrarea în elementul de focalizare. Rezultă că diametrul petei la un raport $f_c/D = 1$ poate ajunge de ordinul de mărime al lungimii de undă.

Sistemul de răcire poate fi cu circuite de gaze lichefiate. Acesta este impus de faptul că emisiunea laser (în special monocromaticitatea) depinde, în mod esenţial, de temperatura cavităţii de rezonanţă. Foarte mulţi laseri cu mediu solid şi semiconductoare sînt construiţi să funcţioneze la temperaturi scăzute.

Fig. 13.89. Schema de principiu a unui laser cu cristal de rubin:

1 — sursă de excitaţie; *2* — lampă de excitaţie; *3* — cavitate de rezonanţă; *4* — carcasă reflectantă; *5* — fascicul laser; *6* — lentilă de focalizare; *7* — obiectul de prelucrat

Fig. 13.90. Schema de principiu a unui laser cu CO_2

Ca instalaţii pentru prelucrări tehnologice se preferă instalaţiile răcite cu apă, care funcţionează la temperatura mediului ambiant. Acest fapt a determinat folosirea pe scară largă, dintre laserii cu mediu activ solid, a celor cu rubin roz (cristal de Al_2O_3 cu 0,05% Cr^{+++}; fig. 13.89). Rezultate bune au dat şi laserii cu neodiu înglobat în sticlă sau în alte materiale suport. Dintre laserii cu semiconductoare un randament foarte ridicat au cei cu galiu-arsen.

Se extinde utilizarea în prelucrări a laserilor cu gaze şi amestecuri de gaze. Aceştia au o coerenţă mai mare a radiaţiei şi pot emite într-o gamă mai largă de lungimi de undă. În fig. 13.90 se prezintă un laser cu CO_2-N_2-He avînd un rezonator cu diametrul de 30 mm şi lungime de 10 m, din 5 secţiuni cu sisteme de excitaţie separate. Emite în regim continuu cu o putere de 300 W. Puterea de radiaţie a laserilor cu CO_2 este direct proporţională cu lungimea lor. În stadiul de experimentare se află rezonatori cu bucle multiple pentru reducerea lungimii.

Din numărul total de laseri fabricaţi pe plan mondial, în prezent se folosesc în scopuri industriale 10—15%.

13.8.2.3. OPERAŢII DE PRELUCRARE CU FASCICUL DE FOTONI. Prelucrarea cu fascicul de fotoni este economică la executarea orificiilor şi canalelor cu diametre, respectiv lăţimi, de la 0,5 mm pînă la 0,1—0,5 μm, cînd alte metode nu se pot aplica sau sînt mai costisitoare.

Domeniile de aplicaţie sînt condiţionate de particularităţile laserului: temperatură locală mare în fasciculul focalizat — pînă la 18000°C; posibilitatea prelucrării la distanţă şi dirijării fasciculului cu aparatura optică simplă; pătrunderea prin medii transparente pentru prelucrarea unor piese înglobate sau plasate în camere cu atmosferă controlată, în vacuum, la orice presiune; interacţiunea dintre fascicul şi obiect fără contaminarea materialului şi practic fără impuls mecanic; posibilitatea prelucrării materialelor magnetizate sau plasate în cîmpuri magnetice şi electrice importante; zona influenţată termic foarte mică, permiţînd prelucrarea în apropierea unor elemente termosensibile etc. Regimul de prelucrare trebuie condus astfel încît temperatura zonei de interacţiune fascicul-obiect să se plaseze între temperatura de topire şi cea de vaporizare în cazul sudării să fie mai mare decît temperatura de vaporizare la prelucrările cu îndepărtare de material. Astfel, materialele cu $\theta_{vap} - \theta_{top}$ mare se pot suda uşor (Au, Cu, Ni) iar cele cu $\theta_{vap} - \theta_{top}$ mic pot fi erodate cu uşurinţă (Cr, Ta). Greu de prelucrat sînt metalele cu grad de reflecţie ridicat, cu conductivitate termică bună (W, Mo). Aluminiul, avînd şi căldură specifică mare, se prelucrează de asemenea greu. Oţelurile aliate se prelucrează uşor datorită conductivităţii termice mici.

Găurirea. Cu laseri se pot executa orificii perforate, singulare sau multiple, cu diametre variind de la cîţiva microni la 0,5 mm. La perforări în plăci subţiri (sub 0,1 mm) are loc îndepărtarea materialului în stare de vapori, diametrul putînd fi considerat constant pe toată adîncimea şi egal cu diametrul petei de focalizare. La perforări în plăci mai groase (0,1—5 mm), diametrul orificiului perforat variază cu adîncimea, în funcţie de plasarea geometrică a focarului (fig. 13.91). Dacă alte considerente nu cer prelucrări după schemele din fig. 13.91 *a* sau *b*, este avantajoasă metoda din fig. 13.91, *c*, la care razele laterale se reflectă de mai multe ori pe pereţii orificiului şi sînt absorbite în partea inferioară a acestuia în timpul perforării. În acest mod se pot prelucra orificii adînci, cu distanţe focale mici.

Fig. 13.91. Forma orificiilor perforate cu laser:

a — cu focar plasat la ieşire; *b* — cu focar plasat în interior; *c* — cu focar plasat la intrare; *1* — obiectul de prelucrat; *2* — lentilă de focalizare

Îndepărtarea materialului sub formă de vapori presupune pierderi de energie după obţinerea fazei lichide pentru încălzirea acesteia şi pentru transformarea de fază lichid-vapori. O metodă de îmbunătăţire a randamentului găuririi este metalizarea suprafeţei opuse intrării fasciculului cu un material care are $\theta_{vap} < \theta_{top}$ al materialului de prelucrat. În acest caz, cînd faza lichidă a străpuns grosimea materialului, presiunea vaporilor stratului depus expulzează lichidul din orificiu.

Pe scară industrială, în prezent se execută perforări în filiere de diamant, din ceramică, din aliaje dure, în pietre de corund sintetic pentru ceasornice, în diafragmele aparatelor electronice şi optice, în inele de ferită etc. Prin prelucrarea cu laseri a filierelor de diamant cu orificii mici, timpul de lucru se reduce de aproximativ 100 de ori. Filierele ceramice pentru fibre sintetice, cu multiorificii (peste 1 500) au durabilitate de 10–12 ori mai mare decît cele metalice şi nu pot fi prelucrate prin nici o altă metodă.

Tăiere. Spre deosebire de perforare, la care regimurile pulsante sînt corespunzătoare procesului, la tăiere sînt necesare regimuri continue (obţinute cu laseri cu CO_2) sau pulsante de înaltă frecvenţă cu impulsuri parţial suprapuse (obţinute cu laseri cu He-Ne).

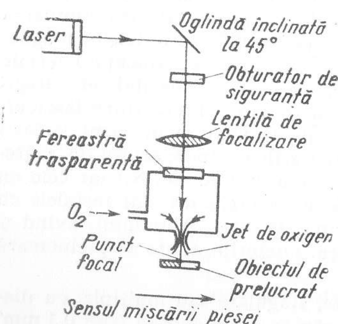


Fig. 13.92. Schema de principiu a tăierii cu laser şi jet de oxigen

Viteza de tăiere şi grosimea materialului sînt factori cu acţiune contrară în alegerea regimului de prelucrare. Tăierea în condiţii economice impune grosimi mici, variabile de la material la material (la oţel aliat pînă la 0,2 mm, la sticlă pînă la 1 mm, la materiale plastice pînă la 25 mm). Pentru mărirea grosimii materialului de tăiat şi îndepărtarea produselor erodate cu mai multă uşurinţă se execută tăierea cu laser şi jet de oxigen (fig. 13.92). Gradientul termic mare la marginile focarului permite ca reacţiile ce apar între oxigen şi metalul încălzit să aibă loc pe o zonă mai mică decît secţiunea jetului de oxigen, astfel încît lăţimea tăieturii nu depăşeşte mai mult de 4/3 din diametrul focarului.

Prelucrarea canalelor şi trasarea reticulelor. Se pot prelucra canale cu lăţime de 10 μm şi reticule pentru scale la aparate optice. Cantitatea de material erodat poate fi infimă. De exemplu, după echilibrarea dinamică a rotoarelor giroscoapelor prin metode obişnuite, se face o echilibrare de precizie prin îndepărtare de material de circa 10^{-4} g, printr-o prelucrare cu laser.

Astfel de prelucrări permit realizarea unor elemente de scheme electrice cu precizie ridicată (capacităţi, rezistenţe, semiconductoare). Prin vaporizarea de pelicule depuse pe suporturi, rezistenţele, de exemplu, pot ajunge la o precizie de 0,05%.

În afară de aceste operaţii, în construcţia de maşini laserii se mai folosesc la sudarea unor piese de dimensiuni mici, cu grosimi de la 30 μm la 0,8 mm şi a peliculelor depuse cu grosimi de 0,5–100 μm, precum şi în măsurători de precizie la determinarea rectilinităţii, planităţii şi perpendicularităţii.

BIBLIOGRAFIE

1. ALBINSKI, K. *L'usage des métaux par électro-érosion.* Dunod, Paris 1960.
2. ATANASIU, I. *Electrochimie.* Bucureşti. Editura tehnică, 1968.
3. AVRAM, I. şi SĂLĂGEAN, T. *Procedee conexe sudării.* Bucureşti, Editura tehnică, 1968.
4. BĂDĂRĂU, R. şi GRUMĂTESCU, M. *Ultra-acustica fizică şi tehnică.* Bucureşti, Editura tehnică, 1967.
5. COHEN, M. I. *Laser-beams and integrated circuits* În: Laser Focus, nr. 21, 1967.
6. CUCUREZEANU, I. *Laseri.* Bucureşti, Editura tehnică, 1966.
7. DE GROAT, G. *Lasers: tools not toys.* În: Amer. Machinist, nr. 22, 1967.
8. DEMARS, P. *Le soudage „plasma".* În: Soudage et techn. Connexes, nr. 5 şi 6, 1968.
9. EINSTEIN, P. şi BEALDE, R. *Electron-beam operation on materials.* London, Iron and Steel Institut, Machinabilit , 1967.
10. FEINBERG, B. *Laser tooling goes towork. Tool and Manuf.* În: Engr., nr. 4, 1966.
11. FLEMING, D. *Le Laser comme outil de soudage.* În: Schwisstechnik Soudure, nr. 1, 1968.
12. GALEŞ, D. *Prelucrarea prin electroeroziune a matriţelor şi ştanţelor.* Bucureşti, I.D.T., 1968.
13 GANSER, K. *Feinbearbeitung metallischer Werkstoffe durch funkenerosives Senken.* Köln, R. Pulm, 1961.
14. GROTH, R. *Electronenstrahlen in der Fertigungstechnik.* În: Schweiz Maschinenmarkt, nr. 39, 1967.
15. GUEKOS, G. *Die Laser-strahlung als Hilfsmittel zur Materialbearbeitung.* În: Schweiz Bauzeitung, nr. 41, 1967.
16. HORBENKO, I. G. *Ultrazvuk v maşinostroienii.* Moscova, Maşinostroenie, 1966.
17. KAZANŢEV, V. F. ş.a. *Căile pentru ridicarea productivităţii şi a preciziei la prelucrarea cu ultrasunete.* În: Prelucrarea metalelor, nr. 14, 1966.
18. KIPS, P *Funkenerosives Profilflaschschleifen.* Stutgart, Deutsche Verlags Anstalt Abt. Fachverlag, 1964.
19. KURCENKO, V. I. *Elektroerozionnaia i elektrohimiceskaia obrabotka metallov.* Moscova-Leningrad, Maşinostroienie, 1967.
20. LIVŞIŢ, A. I. ş.a. *Elektroimpulsnaia obrabotka metallov* Moscova, Maşinostroienie, 1967.
21. NANU, A. ş.a. *Cercetări teoretice şi experimentale asupra productivităţii debitării electroerozive anodo-mecanice la maşina MAMB-1.* În: Studii şi cercetări ştiinţifice şi tehnice, Acad. R.S.R., 1963.
22. NANU, A. şi NICHICI, A. *Definirea, clasificarea şi caracteristicile generale ale metodelor de prelucrare dimensională prin eroziune electrică.* În: Standardizarea 21, nr. 2, 1969.
23. NANU, A. ş.a. *Determinarea electroerozivă.* În: Buletinul ştiinţific şi tehnic, I.P.T., 1964.
24. NANU, A. *Fundamentarea teoretică a principalelor fenom ne constatate experimental la prelucrarea anodo-mecanică a metalelor.* În: Buletinul ştiinţific şi tehnic, I.P.T., 1961.
25. NANU, A. ş.a. *Maşina anodo-mecanică de tăiat cu bandă MAMB-1.* În: Studii şi cercetări ştiinţifice şi tehnice, Acad. R.S.R., 1963.
26. NANU, A. ş.a. *Studiul caracteristicilor stratului de suprafaţă obţinut la durificarea prin scîntei electrice.* În: Buletinul ştiinţific şi tehnic, I.P.T., 1966.
27. NICHICI, A. ş.a. *Contribuţii la determinarea interdependenţei dintre parametrii electrici şi tehnologici la rectificarea anodo-mecanică a plăcuţelor din aliaj dur K10.* În: Buletinul ştiinţific şi tehnic, I.P.T., 1967.
28. NICHICI, A. *Contribuţie la determinarea regimurilor optime de prelucrare cu scîntei electrice în funcţie de mărimea suprafeţei prelucrate.* În: „Construcţia de maşini", 28, nr. 11, 1966.
29. NICHICI, A. *Influenţa materialului şi geometriei electrodului-sculă asupra parametrilor de preludrare cu scîntei electrice a pieselor din oţel C120.* În: „Construcţia de maşini" 28, nr. 12, 1966.
30. OSIAL, A. T. *The laser today, tomorrow and later.* În: Tooling and Product., nr. 5, 1967.
31. PATERMAAT, F. *Les aplications thermiques du bombardament electronique.* În: Electricité, nr. 133, 1967.
32. PILS, E. *Materialbearbeitung mit Hilfe von Laserstrahlen.* În: Schweiz Maschinnenmarkt, nr. 33, 1967.
33. POPOVICI, V. ş.a. *Studiul modificărilor structurale în stratul superficial la oţelurile debitate prin electroeroziune.* În: Buletinul ştiinţific şi tehnic, I.P.T., 1967.
34. ROOK, B. W. *Electrical methos of machining.* În: Production (NZ) 2, nr. 11, 1967.
35. SAEKI, S. *Nozzle electrodes for a plasma jet generator.* În: Electr. Engr., Japan, nr. 3, 1967.
36. SAUVAIRE, M. C. *L'usinage par faisceau laser.* În: Mec. Electr., nr. 16, 1967.
37. SĂLĂGEAN, TR. ş.a. *Cercetări privind tăierea cu plasmă a tablelor de aluminiu.* În: Studii şi cercetări de metalurgie, Edit. Acad. R.S.R., 1968.
38. SCHULTZ, P. *Laser-Gerätetechnik für die industrielle Fertigung.* În: Elektro-Anz. Ausg. ges. Ind., nr. 7, 1968.
39. SERETOV, V. I. *Osobenosti i oblasti primenennia elektronnolucevogo sposova obrabotki.* În: Stanki i instrument, nr. 9, 1967.
40. SMOLENŢEV, V. P. *Izgotovlenie instrumenta neprofilirovanîm elektrodom,* Moscova, Maşinostroienie, 1967.
41. SULLIVAN, I. *Gas-jet laser cuts metals.* În: Britsch Welding Journal, nr. 8, 1967.
42. TEODORESCU, I. *Acceleratoare de particule încărcate.* Bucureşti. Edit. Acad. R.S.R., 1967.
43. URVANŢOV, L. A. *Erozia i zaşcita metallov.* Moscova, Maşinostroienie, 1968.
44. VAKS, E. D. *Oblasti primenenia i problemî obrabotki materialov focusirovanîm svetvovîm luciom.* În: Stanki i instrument, nr. 9, 1967.

45. VAŞ, A. *Consideraţii asupra stabilirii unui regim optim la tăierea cu plasmă a oţelurilor inoxidabile.* În: Stud. şi cercet. de metalurgie, Edit. Acad. R.S.R., 1968.
46. VISSER, A. *Werkstoffabtrag mitels Elektronenstrahlen.* Dissertation Braunschweig, 1966.
47. WAN MAL, G. *Principe et quelques exemples d'aplication de la technique de projection au plasma.* În: Schweisstechnik soudure, nr. 12, 1967.
48. * * * *Brevet „General Electric Company"*. S.U.A., nr. 153959, 1961.
49. * * * Brevet R.S.R., nr. 5007, 1967.
50. * * * *Fiziceskie osnovî elektroiskrovoi obrabotki materialov*, Moscova, Nauka, 1966.
51. * * * *Istoniciki majnovo ultrazvuka.* Moscova. Nauk. S.S.S.R., 1967.
52. * * * *IX Internationales Koloquium Fertigungstechnik.* Technische Hochschule Ilmenau, 1964.
53. * * * *O nouă maşină de prelucrat mater ale dure cu ajutorul ultrasunetelor.* În: Construcţia de maşini, nr. 11, 1968.
54. * * * *Plasma, flame cutting done faster with newest equipment.* În: „Tooling and Product.", nr. 1, 1968.

14. TRATAMENTE TERMICE ŞI TERMOCHIMICE ALE OŢELURILOR ŞI FONTELOR

14.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Una din tendinţele principale care se manifestă în producţia de oţel este elaborarea unor oţeluri de construcţie slab sau mediu aliate, care să prezinte o rezistenţă la rupere peste $200 \cdot 10^7$ N/m^2, rezistenţă ridicată la oboseală, ductilitate cît mai pronunţată, sudabilitate şi turnabilitate corespunzătoare şi preţ de cost cît mai scăzut.

Aceste deziderate se pot realiza acţionînd asupra: modului de elaborare, compoziţiei chimice şi tratamentului termic.

Modificarea sau ameliorarea proprietăţilor fizico-mecanice ale oţelurilor depinde în primul rînd de structura lor, adică de natura, distribuţia şi cantitatea constituenţilor structurali. La o marcă de oţel modificarea sau dirijarea în sensul dorit a anumitor caracteristici se realizează prin tratament termic, adică prin operaţii de încălzire şi răcire, care pot schimba cantitatea, distribuţia şi natura fazelor structurale principale: ferita şi cementita.

Natura structurii ferito-cementitice care apare în urma transformării austenitei se schimbă considerabil în funcţie de gradul de subrăcire sau de viteza de răcire aplicată. Un tratament termic corespunzător trebuie să cuprindă o subrăcire dirijată a austenitei. Comportarea austenitei în timpul transformării poate fi cel mai bine evidenţiată prin diagramele TTT şi CCT.

14.1.1. DIAGRAME LA RĂCIRE IZOTERMĂ ŞI LA RĂCIRE NEIZOTERMĂ (CONTINUĂ) A AUSTENITEI

În timpul răcirii unui aliaj feros de la temperatura de austenitizare acţionează simultan doi factori: temperatura şi timpul. Dacă se menţine constantă temperatura şi se urmăreşte evoluţia structurii în timp se obţin curbe de transformare izotermă care dau diagrama TTT (Time, Temperature, Transformation) sau diagrama la răcire izotermă. Dacă se urmăreşte evoluţia structurii cînd variază şi temperatura şi timpul se obţin curbele la răcire continuă, care dau diagrama CCT (Continuons, Cooling, Transformation) sau diagrama neizotermă.

14.1.1.1. DIAGRAME TTT LA RĂCIREA IZOTERMĂ A AUSTENITEI. Aceste diagrame se trasează stabilind în timp începutul şi sfîrşitul transformărilor izoterme prin:

— determinarea naturii structurii obţinute la diferite temperaturi izoterme, folosind cercetarea metalografică asociată cu cea durimetrică;

— determinarea punctelor critice de transformare izotermă prin metoda dilatometrică şi a naturii structurii prin cercetare metalografică asociată cu cea durimetrică;

— determinarea punctelor critice de transformare prin metode magnetice;

— determinarea naturii constituenţilor structurali pentru diferite grade de subrăcire, folosind metoda radiocristalină (iradiaţii cu raze X).

În etapa actuală, o extindere mare are dilatometria asociată cu cercetarea metalografică.

Tipuri de diagrame T.T.T. Diagramele TTT prezintă aspecte diferite şi din ce în ce mai complicate pe măsură ce creşte numărul, natura şi concentraţia elementelor de aliere. Pînă acum nu a fost încă întreprins un studiu sistematic al influenţei elementelor de aliere asupra transformărilor izoterme ale austenitei. Acest studiu ar permite totuşi determinarea asocierii cea mai eficace a elementelor de aliere, fapt care ar prezenta interes pentru folosirea industrială a aliajelor feroase. Din studiile întreprinse, diagramele TTT se pot grupa în patru categorii (A, B, C, D), după modul cum sînt dispuse cele trei zone ale transformărilor: de echilibru, intermediare, în afară de echilibru.

Diagramele din clasa A sînt caracteristice oţelurilor carbon de construcţie, la care timpul minim de incubaţie al transformării perlitice şi bainitice este acelaşi (fig. 14.1). Curbele din fig. 14.1, *a* şi *c* sînt caracteristice oţelurilor eutectoide, iar cele din fig. 14.1, *b* şi *d* corespund unor oţeluri hipoeutectoide. Structurile care apar în diferite zone de temperaturi sînt: perlită, sorbită, trostită, bainită, martensită (la oţelurile eutectoide) şi în plus ferită proeutectoidă (la oţelurile hipoeutectoide).

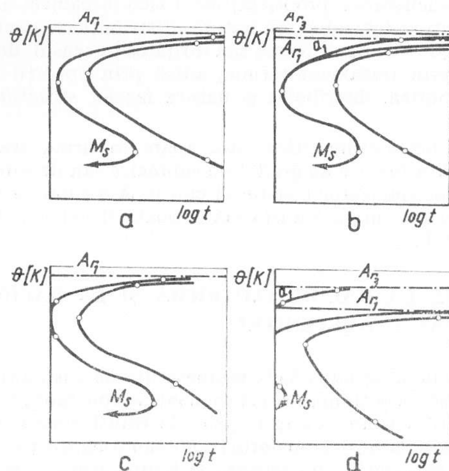


Fig. 14.1. Diagrama TTT clasa A

Diagramele din clasa B sînt caracteristice oţelurilor aliate cu Cr-Mo, Cr-V, Cr-Mo-V-W, la care timpul minim de incubaţie al transformării perlitice şi bainitice are aproape aceeaşi valoare, dar transformarea apare la temperaturi diferite (fig. 14.2). La aceste oţeluri transformarea perlitică are loc la temperaturi mai înalte de 923 K, cea martensitică sub 473°K iar cea bainitică între aceste valori (923—473 K).

Diagramele din clasa C sînt caracteristice oţelurilor complex aliate (Mn-Ni-Mo-V) la care timpul minim de incubaţie al transformării perlitice şi bainitice este din ce în ce mai bine marcat (fig. 14.3). Transformările de tip bainitic sînt clar evidenţiate.

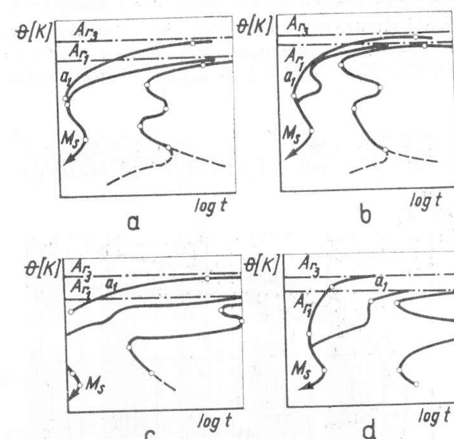


Fig. 14.2. Diagrama TTT clasa B

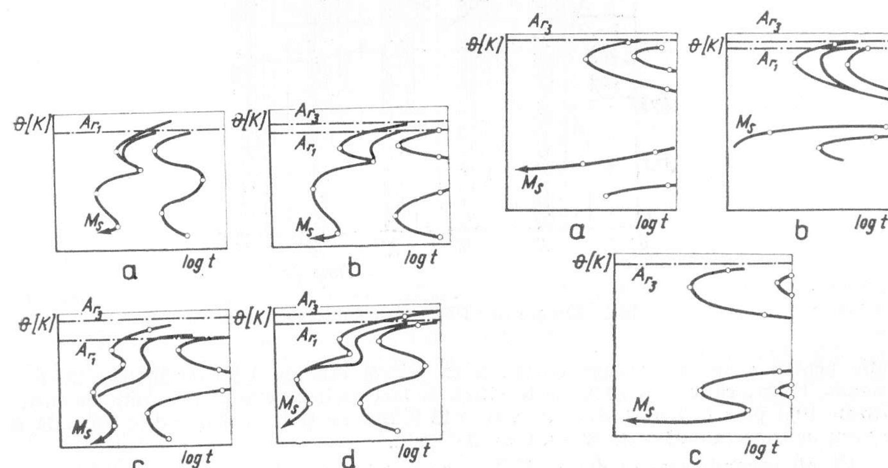


Fig. 14.3. Diagrama TTT clasa C

Fig. 14.4. Diagrama TTT clasa D

Diagramele din clasa D sînt caracteristice oţelurilor bogat aliate în special cu elemente care formează carburi (Cr, Mo, V, Ti), la care apare o întrerupere importantă între transformarea perlitică şi cea bainitică (fig. 14.4).

Diagramele TTT, ridicate pentru un mare număr de mărci de oţeluri permit determinarea parametrilor tratamentului termic spre a se obţine anumite transformări structurale. Astfel, se poate stabili temperatura de austenitizare, timpul minim de incubaţie, durata de menţinere izotermă pentru a se obţine o anumită transformare structurală.

În fig. 14.5 se prezintă diagrama TTT (clasa A) a oţelului carbon de calitate (OLC 45) din analiza căreia rezultă: θ_A (temperatura de austenitizare) = 1 153 K; Ac_1 = = 1 008 K; Ac_3 = 1 058 K; M_s = 623 K; $M_{f(90\%)}$ = 493 K. Timpul minim de incubaţie pentru a se descompune austenita în perlită este de 1,5 s iar în bainită de o secundă. Pentru călire izotermă, martensitică, se face răcirea de la temperatura de austenitizare (θ_A) pînă la temperatura de 603–613 K într-un timp mai mic de o secundă şi se menţine izoterm (603–613 K) un timp de 3 min.

C	Si	Mn	Cr	V	A_1	A_3	M_s	T_A
0,44	0,22	0,66	0,15	0,02	1008	1058	623	1153

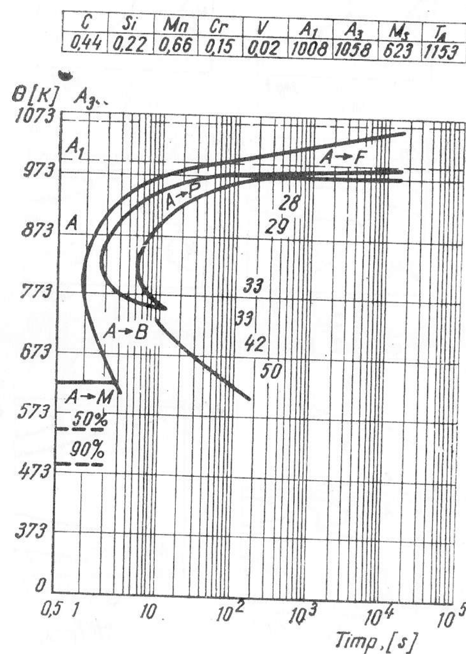


Fig. 14.5. Diagrama TTT a oţelului OLC 45

Un alt exemplu este diagrama TTT a unui oţel bogat aliat în crom prezentată în fig. 14.6 (clasa D) din care rezultă: θ_A = 1 203 K, Ac_1 = (1 041 . . . 1 070)K, M_s = = 458 K, M_f = 293 K. Transformarea izotermă a austenitei, de exemplu la 573 K, se face într-un timp mai mare de 24 h. Pentru a se descompune 50% austenită este necesar un timp de 5 h.

Alte diagrame TTT se dau în lucrările [6, 12, 13].

Precizări asupra folosirii diagramelor TTT. Viteza de descompunere a austenitei este determinată de gradul de subrăcire şi de parametrii cristalizării (viteza de creştere a grăuntelui şi numărul centrelor de cristalizare). Parametrii cristalizării sînt influenţaţi de compoziţia chimică a aliajului, de gradul de omogenitate şi de mărimea grăunţilor de austenită. Conţinutul de carbon modifică în mod deosebit poziţia curbelor TTT. Astfel, faţă de oţelul eutectoid, oţelurile hipereutectoide şi hipoeutectoide au timpi de incubaţie mai mici. La cele hipereutectoide, această observaţie are valabilitate dacă încălzirea s-a făcut peste Ac_{cem}. Oţelurile hipoeutectoide cu conţinuturi mici în carbon (0,05–0,1%C) au un timp foarte mic de incubaţie şi pentru a le căli este necesar să se ridice temperatura de austenitizare. Ridicarea temperaturii de austenitizare provoacă mărirea grăuntelui de austenită şi creşterea timpului de incubaţie.

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Interval A_1	M_s	T_A
2,08	0,28	0,39	11,48	0,31	0,02	1041–1070	457	1243

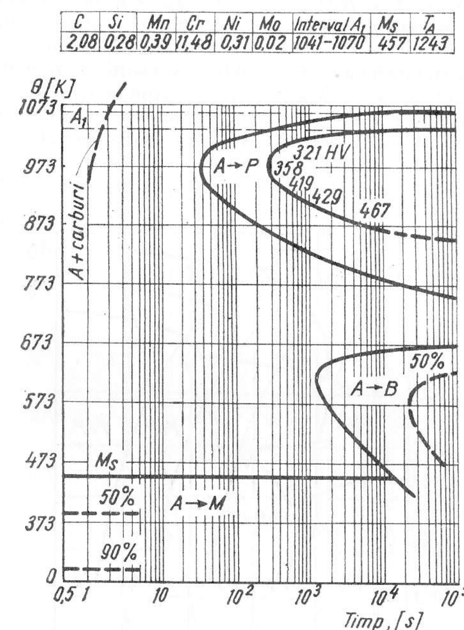


Fig. 14.6. Diagrama TTT a unui oţel înalt aliat cu crom

Elementele de aliere pot modifica atît poziţia cît şi alura curbelor TTT. Toate elementele de aliere cu excepţia cobaltului, măresc timpul de incubaţie, micşorează viteza critică de călire, îmbunătăţesc călibilitatea. Elementele de aliere care formează carburi (Cr, W, Mo, V, Ti) schimbă şi alura curbelor TTT, separînd domeniul transformării bainitice de cel al transformării perlitice.

Temperatura de încălzire favorizează creşterea grăuntelui şi omogenizarea austenitei şi ca atare, valoarea temperaturii de austenitizare are un rol important. Se reco-

mandă ca la folosirea curbelor TTT să se țină seama de compoziția chimică a aliajului, de temperatura și durata austenitizării. Folosirea industrială a diagramelor TTT trebuie să respecte destul de strîns condițiile în care ele au fost construite (compoziția chimică a aliajului, temperatura de austenitizare, gradul de omogenitate al austenitei).

14.1.1.2. DIAGRAME LA RĂCIREA CONTINUĂ A AUSTENITEI (CCT). În practica industrială se aplică cu precădere tratamente termice, variind și temperatura și timpul, fapt care a impus construirea curbelor la răcire continuă (diagramele CCT).

Pentru construirea diagramelor CCT există mai multe metode experimentale: cercetarea metalografică, analiza magnetică, analiza dilatometrică, analiza termică. Datorită preciziei lor și a ușurinței de lucru, în ultima vreme se impune din ce în ce mai mult analiza dilatometrică și termică asociate cu cercetarea metalografică și durimetrică.

Diagrama la răcire continuă a austenitei (CCT) poate prezenta aspectul general (fig. 14.7). Funcție de vitezele de răcire aplicate se pot obține diferite transformări struc-

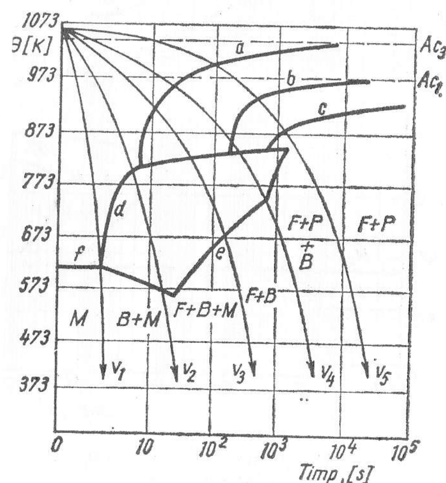


Fig. 14.7. Diagrama CCT:

a — începutul formării feritei proeutectoide; *b* și *c* — începutul respectiv sfîrșitul formării perlitei; *d* și *e* — începutul respectiv sfîrșitul transformării bainitice; *f* — începutul transformării martensitice

turale. Astfel la viteze de răcire mai mici decît v_5: $A \to F + P$; $v_5 - v_4$: $A \to F + P + B$; $v_4 - v_3$: $A \to F + B$; $v_3 - v_2$: $A \to F + B + M$; $v_2 - v_1$: $A \to B + M$ și sub v_1: $A \to M$.

Funcție de compoziția chimică a oțelului diagramele CCT pot prezenta diferite aspecte, cu linii de separare a fazelor proeutectoide, cu sau fără domenii distincte pentru transformările de tip perlitic și bainitic, cu sau fără întreruperea transformării austenitei. (Există uneori parcă întreruperea transformării și apar distanțate domeniile de transformare ale austenitei în perlită și în bainită).

Folosirea diagramei CCT pentru determinarea parametrilor regimului de tratament termic. O diagramă CCT n-are aplicabilitate industrială decît în condiții identice (de

compoziție chimică, stare structurală inițială, viteză de încălzire, temperatură și durată de austenitizare) cu acelea care au fost folosite pentru trasarea ei. Pentru fiecare din acești factori există limite între care pot varia fără să influențeze apreciabil rezultatele, dar din păcate nu se pot enunța reguli generale, fiecare aliaj constituind un caz aparte.

În general, starea inițială nu are o influență prea puternică asupra poziției curbelor diagramei CCT, dat fiind faptul că există o austenitizare completă. (Se recomandă aplicarea în prealabil a unei recoaceri de normalizare).

Ridicarea temperaturii de austenitizare poate provoca o deplasare importantă a curbelor diagramei, dacă se modifică mărimea grăuntelui și gradul de omogenizare al austenitei. Viteza de încălzire poate fi modificată în limite destul de largi fără să se influențeze valorile vitezelor critice de călire; doar curbele CCT se rotesc în raport cu axa temperaturii.

În ultimii ani folosirea curbelor CCT s-a extins și la fenomenele structurale ce au loc în zona afectată termic de sudură. Se precizează însă că diagramele CCT construite pentru studiul tratamentelor termice, nu pot fi folosite pentru studierea transformărilor struc-

C	Si	Mn	Cr	V	A_1	A_3	M_s	T_A
0,44	0,22	0,66	0,15	0,02	1008	1058	623	1153

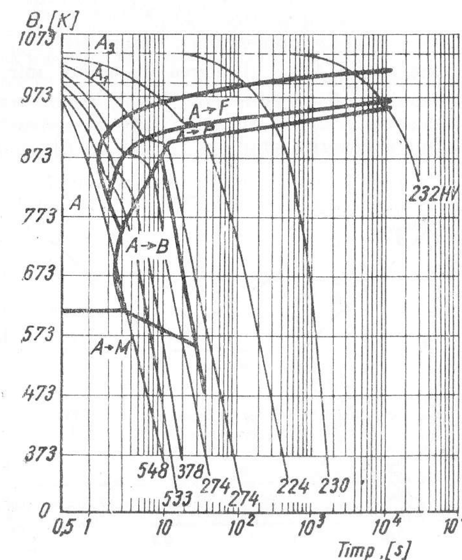


Fig. 14.8. Diagrama CCT a oțelului OLC 45

turale în piesele sudate, dat fiind ciclurile termice foarte diferite. Pentru studiul transformărilor în piesele sudate se construiesc diagrame, simulînd regimul termic folosit la sudare.

Pentru tratamentul termic al unui oțel carbon de construcție (OLC 45) se folosește diagrama CCT (fig. 14.8). Din studiul acesteia rezultă: $\theta_A = 1153$ K, viteza medie de răcire pentru obținerea structurii formată din $(M + A_{rez})$, $v_r = 285$ K/s (răcire în apă

iar pentru structură bainitică $158 < v_r < 114$ K/s. Durităţile variază între $HV = 548 \ldots 550$ pentru piese cu structură martensitică şi $HV \simeq 400$ pentru cele cu structură bainitică.

Alte diagrame CCT se dau în lucrările [6, 10, 12].

14.2. PROCEDEE ŞI UTILAJE PENTRU TRATAMENTE TERMICE

14.2.1. RECOACEREA ALIAJELOR FEROASE

Recoacerea este tratamentul termic prin care se urmăreşte realizarea unei stări de echilibru a aliajului, obţinerea anumitor forme pentru constituenţi sau micşorarea valorii tensiunilor interne. În funcţie de scopul urmărit, încălzirea se face de la temperaturi înalte ($\theta_{inc} < Ac_1$) iar răcirea are loc cu viteze mici. Temperatura de încălzire θ_{inc} este funcţie de proprietăţile ce urmează să se obţină şi orientativ se alege după diagrama de echilibru. Pentru aliajele feroase, diferitele valori ale temperaturii, de încălzire permite alegerea recoacerilor de mai multe tipuri (fig. 14.9).

Recoacerea incompletă (fig. 14.9, domeniul *1*). Parametri: $\theta_{inc} = A_1 + 20 \ldots 30$ K, durata de menţinere mare $t_{men} = f(D_{piesa})$ răcirea cu viteze mici (20 . . . 40 K/h). Se obţin modificări ale gradului de dispersie al constituenţilor şi se micşorează starea de tensiune. Acest tip de recoacere se aplică oţelurilor care au o structură corespunzătoare, dar au o duritate prea mare datorită gradului ridicat de dispersie al constituenţilor.

Fig. 14.9. Domeniile de temperatură pentru recoacerea aliajelor feroase.

Recoacerea completă (fig. 14.9, domeniul *2*). Parametri: $\theta_{inc} = Ac_3 + 20 \ldots 30$ K sau $Ac_{cem} + 20 \ldots 30$ K; durata de menţinere este calculată în funcţie de dimensiunile piesei iar răcirea se face cu viteze mici (20 . . . 40 K/h). Această recoacere se aplică pieselor prelucrate prin deformare plastică şi are ca scop finisarea granulaţiei, micşorarea duri-

tăţii, reducerea stării de tensiune, mărirea prelucrabilităţii prin aşchiere. Nu se recomandă folosirea recoacerii complete la oţelurile hipereutectoide deoarece se favorizează separarea carburilor în reţea şi se înrăutăţesc proprietăţile mecanice.

Recoacerea de omogenizare (fig. 14.9, domeniul *3*). Parametri: $\theta_{inc} = Ac_3 + (100 \ldots 150)$ [K], durata de menţinere mare pentru a se favoriza difuziunea, răcirea cu viteze mici (20 . . . 40 K/h). Tratamentul permite înlăturarea neomogenităţilor structurale, rezultate în special la piesele turnate de dimensiuni mari (carcase, lingouri, tamburi). Datorită temperaturii şi duratei mari de încălzire se favorizează creşterea grăunţilor iar piesele vor avea structuri grosolane şi proprietăţi mecanice scăzute. Pentru a se înlătura acest neajuns se recomandă aplicarea unei recoaceri de normalizare. Recoacerea de omogenizare se aplică cu precădere lingourilor din oţeluri aliate.

Recoacerea de normalizare (fig. 14.9, domeniul *4*). Parametri: $\theta_{inc} = Ac_3 + (30 \ldots 50)$ [K] (sau $Ac_3 + 100 \ldots 150$ K), durata de menţinere se calculează în funcţie de dimensiunile pieselor, răcirea făcîndu-se în aer liniştit. Datorită vitezei mai mari de răcire se favorizează finisarea structurii. Se aplică oţelurilor carbon şi slab aliate care datorită prelucrării termice anterioare au o structură grosolană. Nu se recomandă aplicarea normalizării ca tratament termic prealabil oţelurilor bogat aliate, deoarece răcirea în aer poate favoriza obţinerea de structuri ce se depărtează de echilibru.

Recoacerea de detensionare (fig. 14.9, domeniul *5*). Constă din încălzirea cu viteză mică pînă la 773 . . . 823 [K], menţinere un timp îndelungat (calculat în funcţie de dimensiunea şi complexitatea piesei) şi răcirea cu viteze mici (20 . . . 40 K/h) pînă la 373–423 K, după care se continuă în aer liniştit. Nu au loc transformări fazice, se reduce starea tensionată, se aduc îmbunătăţiri structurii iniţiale. Se recomandă să se aplice pieselor turnate, călite, deformate plastic, sudate.

Recoacerea de înmuiere (fig. 14.9, domeniul *6*. Parametri: $\theta_{inc} = 1073 \ldots 1123$ [K] durata de menţinere se calculează în funcţie de dimensiunile piesei, răcirea cu viteze mici. Pentru a scurta timpul de menţinere se recomandă încălzirea la $\theta_{inc} = 1273 \ldots 1373$ [K] (timp de menţinere 3–5 min.). În timpul încălzirii şi menţinerii la temperatura înaltă a fontelor se favorizează descompunerea cementitei şi creşte cantitatea de grafit. Datorită acestui fapt, creşte prelucrabiitatea prin aşchiere, se reduc valorile tensiunilor interne dar scad proprietăţile mecanice ale pieselor.

Recoacerea de maleabilizare. Proprietăţile mecanice ale fontelor sînt mai bune dacă grafitul are formă globulară şi nu de filament. Pentru a obţine grafit ce tinde să aibă formă globulară fontele albe se supun recoacerii de maleabilizare (se recomandă ca fonta albă să aibă următoarea compoziţie; 2,2–2,8% C; 0,6–1,4% Si; 0,4% Mn; < 0,1% S, < 0,2% P).

Recoacerea de maleabilizare constă din încălzirea fontei albe la temperaturi de 1223–1273 K, cu viteze mici şi în atmosfere convenabil alese, menţinerea un timp îndelungat şi răcirea cu viteze mici. În funcţie de viteza de răcire aplicată, în special în domeniul temperaturilor punctelor critice Ar_1 şi a mediului de încălzire folosit, se obţin fonte maleabile feritice sau perlitice.

Fontele maleabile feritice (fonte maleabile negre) se obţin din fonte albe prin încălzire şi răcire în mediu neutru după diagrama prezentată în fig. 14.10. În timpul încălzirii, perlita se transformă în austenită care se îmbogăţeşte în carbon prin dizolvarea cementitei. Menţinerea la temperatura de 1223 K timp de 50–60 h favorizează descompunerea cementitei în austenită şi grafit. Răcirea lentă (20 K/h) favorizează precipitarea

grafitului sub formă de cuiburi (cvasiglobule). Cînd s-a ajuns la temperatura punctelor Ar_1 se micşorează viteza de răcire (2 K/h) pentru a se evita formarea perlitei. Se obţine în final o masă de bază feritică şi cuiburi de grafit (fig. 14.11).

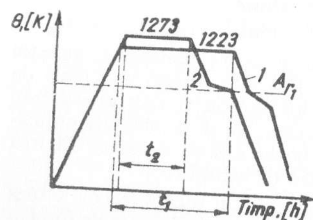


Fig. 14.10. Ciclul termic pentru obţinerea fontei maleabile negre.

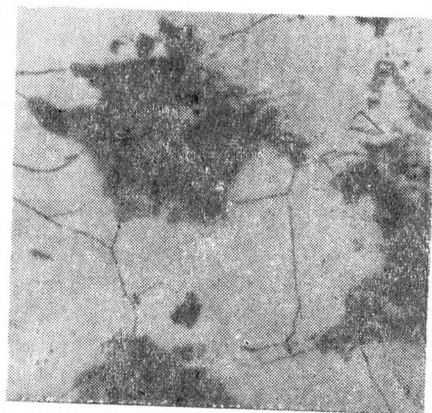


Fig. 14.11. Fontă maleabilă feritică (200 : 1)

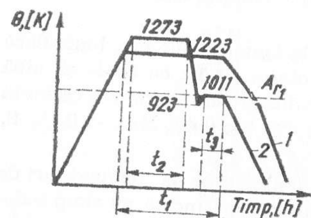


Fig. 14.12. Ciclul termic pentru obţinerea fontei maleabile albe.

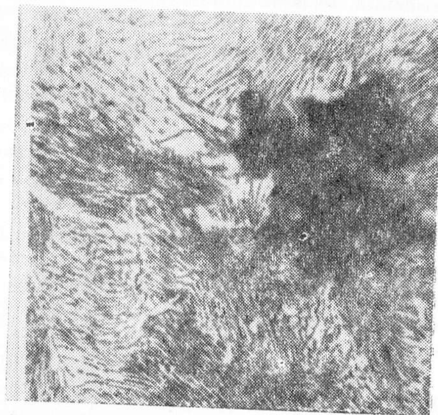


Fig. 14.13. Fontă maleabilă perlitică (200 : 1)

Fontele maleabile perlitice (fonte maleabile albe) se obţin din fonte albe prin încălzirea şi răcirea în mediu oxidant după ciclurile termice indicate în fig. 14.12.

Se face încălzirea cu viteze de 25 K/h pînă la 1223 K, se menţine un timp de 75 h şi se aplică răciri cu viteze mici (10 K/h) pînă la 923 K şi apoi în aer liniştit (fig. 14.12). Structura obţinută va fi perlitică în miez şi feritică la suprafaţă, şi cuiburi de grafit (fig. 14.13).

Caracteristicile mecanice ale fontelor maleabile sînt mult mai bune decît a celor cu grafit lamelar. Astfel, fontele maleabile feritice au: $\sigma_r = (30 \ldots 40) 10^7$ N/m², $\delta = 6 \ldots 18\%$, KCU $= 3 \cdot 10^5$ J/m² şi $HB = 110 \ldots 160$, iar fontele maleabile perlitice $\sigma_r = (40 \ldots 70) \cdot 10^7$ N/m², $\delta = 5\%$, $HB = 150 \ldots 200$.

14.2.2. CĂLIREA ŞI REVENIREA ALIAJELOR FEROASE

Oţelurile sînt aliajele la care călirea şi revenirea au o influenţă deosebită şi variaţiile caracteristicilor mecanice sînt cele mai evidente. Variaţia caracteristicilor mecanice se datoreşte modificărilor structurale şi structurii reticulare, adică pe de o parte formării constituenţilor duri sau moi, de anumite forme, dimensiuni sau repartiţii şi pe de altă parte aranjării arhitecturii cristaline care la o anumită scară are o influenţă marcantă.

14.2.2.1. CĂLIREA OŢELURILOR. Viteza de încălzire pentru călire se alege pe considerente economice şi funcţie de proprietăţile particulare ce se urmăresc a se obţine. Din punctul de vedere al modificărilor structurale valoarea vitezei de încălzire nu prezintă importanţă deosebită, dar ea poate influenţa ruperea, dilatarea, deformarea la cald a piesei şi alte degradări ale piesei. Din aceste considerente viteza de încălzire pentru călire integrală se alege ţinînd seama de conductivitatea termică a materialului, de dimensiunea şi complexitatea pieselor [7, 10].

Temperatura de încălzire pentru călire se alege în funcţie de necesitatea de a pune în soluţie componenţii. Călirea se poate face pornind de la soluţia α sau γ (în cazul oţelurilor).

Călirea structurală pornind de la soluţia solidă α. Se realizează prin încălziri la 1023–1073°K, cu o durată de menţinere pentru punere în soluţie a elementelor (a carbonului, azotului, cromului, cuprului, molibdenului, vanadiului) care prezintă o bună solubilitate în fierul α şi răcirea cu viteză mare (în apă). Revenirea va produce precipitări fine, care vor permite ridicarea rezistenţei la rupere şi a limitei elastice. Acest tratament termic poate fi utilizat pentru ameliorarea caracteristicilor mecanice ale oţelurilor ambutisabile, sudabile, folosite în special sub formă de ţevi sau table subţiri.

Călirea clasică pornind de la soluţia solidă γ. Soluţia solidă γ va apare la oţelurile carbon peste temperatura de 996 K; la oţelurile aliate soluţia solidă γ va apare peste 823 K la cele aliate cu elemente gamagene (Ni, Mn, Cu) şi peste 1073 K la cele aliate cu elemente alfagene (Cr, Mo, Si, W). Pentru a se forma soluţie solidă γ temperatura şi timpul de menţinere prezintă importanţă deosebită. Pentru a obţine o soluţie solidă γ omogenă (intr-un timp relativ scurt 15–30 min) se recomandă încălzirea la temperaturile $Ac_3 + 50 \ldots 70$ (oţelurilor hipoeutectoide) şi $Ac_1 + 50 \ldots 70$ (oţelurilor eutectoide şi hipereutectoide) (fig. 14.14).

Temperaturile de încălzire vor fi mai înalte pentru oţelurile inoxidabile (1123–1373K) şi mai ales pentru oţelurile rapide (1473–1573 K) la care trebuie ca punerea în soluţie a elementelor de aliere să fie cît mai complet posibilă.

Durata de menţinere la temperatura de călire. După încălzirea la temperatura prescrisă se succed două fenomene: dizolvarea elementelor şi apoi omogenizarea austenitei. Punerea în soluţie a carbonului se realizează în cîteva secunde, la temperaturi ce depăşesc puţin Ac_3 şi în cîteva fracţiuni de secundă dacă temperatura este $Ac_3 + 100$ K. În cazul altor componenţi dizolvarea diferă; astfel, nichelul se dizolvă foarte repede iar cromul necesită o durată mai mare pentru dizolvare, dat fiind faptul că formează carburi complexe.

Difuziunea elementelor este mult mai lentă decît punerea lor în soluţie, ceea ce determină ca durata de menţinere să crească funcţie de coeficientul de difuziune caracteristic. Durata de menţinere pentru oţelurile carbon este de 1 min/1 mm din secţiunea piesei, iar pentru oţelurile aliate cu elemente care formează carburi este de circa 1,5 min/1 mm din secţiunea piesei.

Trebuie precizat că temperatura şi durata de menţinere influenţează atît rezultatele călirii, cît şi condiţiile de executare, a tratamentelor termice ulterioare.

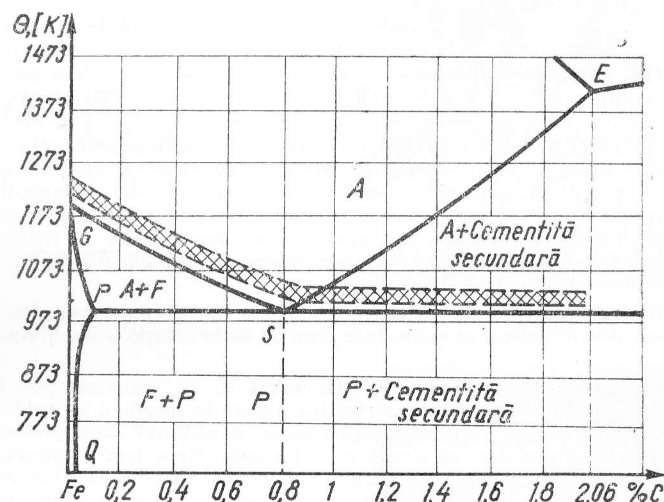


Fig. 14.14. Domeniul temperaturilor de călire ale oţelurilor.

Punerea în soluţie a azotului. Azotul se poate dizolva atît în fierul α cît şi în fierul γ. Austenita aliată cu azot se comportă similar cu cea nealiată Fe γ (C) şi prin descompunere dă aceeaşi constituenţi. Austenita aliată cu azot se formează de la temperaturi mai joase (temperatura eutectoidului este la 873 K) şi este de asemenea mai stabilă la descompunere. O îmbogăţire în azot permite modificarea ciclului termic prin coborirea temperaturii de punere în soluţie şi prin micşorarea vitezei de răcire.

Viteza de răcire aplicată după punerea în soluţie dacă este suficient de lentă provoacă descompunerea austenitei mai întîi în constituenţi hipo sau hipereutectoizi şi apoi în perlită sau în alţi constituenţi.

Separarea constituienţilor hipo şi hipereutectoizi poate fi evitată dacă se măreşte viteza de răcire. Acest lucru trebuie totdeauna realizat deoarece prezenţa feritei libere micşorează considerabil rezistenţa la oboseală. Pe măsura creşterii vitezei de răcire vor apare constituienţii: perlită, troostită, sorbită, bainită, martensită şi proprietăţile mecanice vor fi puternic influenţate (fig. 14.15). Descompunerea austenitei poate avea loc la răcire izotermă (fig. 14.16), la răcire continuă cu o viteză corespunzătoare (fig. 14.15) sau

printr-un ciclu complex care constă mai întîi dintr-o răcire rapidă pînă la temperatura de transformare dorită, o menţinere la această temperatură şi apoi răcirea pînă la temperatura ambiantă (fig. 14.17) (călirea în trepte). Între aceste moduri de răcire apar două diferenţe:

— în cazul răcirii continue, descompunerea depinde în afară de temperatura de imersie şi de scoaterea pieselor şi de natura temperatura şi agitaţia lichidului băii de răcire;

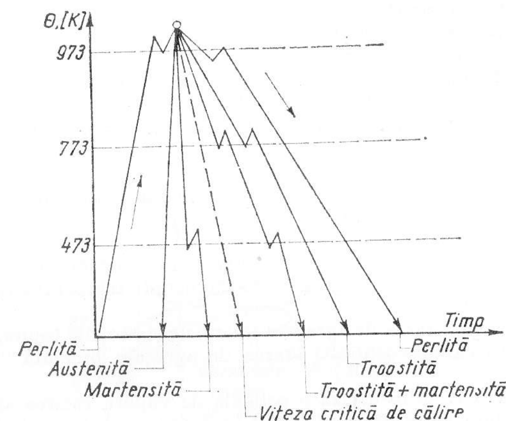


Fig. 14.15. Transformarea austenitei la diferite viteze de răcire.

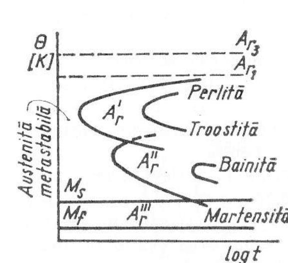


Fig. 14.16. Structuri obţinute prin transformarea izotermă a austenitei

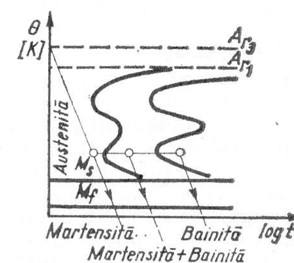


Fig. 14.17. Ciclul de călire în trepte.

— În cazul răcirii izoterme, se dispune între altele de temperatura intermediară de reacţie şi de timpul de menţinere; funcţie de timpul de menţinere izoterm se obţine amestecuri de constituenţi, a căror cantitate poate influenţa puternic proprietăţile mecanice ale piesei.

Pe de altă parte succesiunea reacţiilor este diferită: o răcire continuă provoacă reacţii decalate în timp la suprafaţa şi în centrul piesei şi ca atare şi proprietăţile

mecanice sînt diferite; o răcire izotermă provoacă reacţii sensibil sincronizate şi identice (sub rezerva că răcirea iniţială a fost suficient de rapidă) atît la suprafaţa cît şi în centrul piesei. Călirea prin răciri continue este mai simplă, iar cea izotermă mai complicată, dar permite obţinerea de proprietăţi particulare.

Călirea se face imersînd piesa în diferite medii de răcire dintre care mai principale sînt:

— apa şi soluţiile apoase care conţin fie substanţe activante (clorură de sodiu, hidroxid de sodiu), fie substanţe ce micşorează capacitatea de răcire (silicaţi, glicerină);

— uleiuri vegetale sau minerale;

— băi de săruri sau metale topite, aduse la o temperatură prescrisă;

— gaze, în particular aer, în mod excepţional hidrogen.

Capacitatea de răcire a mediului depinde de numeroşi parametri: masă, căldură specifică, difuzibilitate termică, viscozitate, agitaţie, căldură de vaporizare, temperatură, ş.a. Aceşti parametri au format obiectul a numeroase studii care au permis stabilirea unor concluzii cu privire la:

— energia sau capacitatea de călire a unui mediu în anumite condiţii;

— viteza de răcire de la suprafaţa şi din miezul pieselor de diferite forme (cilindrice, plate, complexe etc);

În general mediile de încălzire se pot împărţi în două grupe:

— care-şi schimbă starea de agregare în domeniul temperaturii de folosire (apa, soluţiile apoase, uleiurile);

— care nu-şi schimbă starea de agregare (metalele şi sărurile topite, plăcile metalice).

Răcirea în medii care-şi schimbă starea de agregare prezintă trei faze distincte anume pentru apă:

— între 1073—873 K se formează o peliculă de vapori, răcirea să fie lentă, pentru că schimbul de căldură între piesă şi lichid se face prin intermediul acestei pelicule;

— între 873—473 K lichidul este în contact direct cu piesa şi schimbul de căldură este energic datorită curentului de bule formate chiar şi în porţiunile în care nu mai există contact direct; de aceea viteza de răcire este maximă;

— în jurul temperaturii de 373 K producţia de vapori se micşorează şi viteza de răcire scade.

În prima fază de răcire există pericolul de a se separa din austenită produsele pro-eutectoide, fapt care ar înrăutăţi proprietăţile finale ale pieselor. Spre a se evita acest lucru se recomandă agitarea pieselor sau mediului de răcire, deci împiedicarea formării peliculei de vapori. Adăugînd clorură de sodiu sau hidroxid de sodiu se micşorează stabilitatea peliculei de vapori şi răcirea este mai energică.

În cazul folosirii pentru răcire a uleiurilor, prima fază de răcire are o durată mai mare (cam de 5 ori mai mare ca a apei) care creşte pe măsură ce mediul are o temperatură de evaporare mai joasă. Cea de a doua fază de răcire este mai puţin influenţată de temperatură în comparaţie cu apa pentru că viscozitatea scade pe măsura creşterii temperaturii uleiurilor şi se intensifică schimbul de căldură.

Capacitatea de răcire în faza a treia este foarte mică. Natura, viscozitatea influenţează capacitatea de răcire a uleiurilor (tabelul 14.1). Uleiurile devin mai active dacă au o temperatură de inflamabilitate mai ridicată. Actualmente se produc uleiuri cu temperaturi de inflamabilitate de 523 K.

Viteza de răcire în uleiuri minerale cu temperatura de 313 K este mai mare la uleiurile cu indicele de viscozitate Engler (la 323 K) mai mare. (fig. 14.18).

Pentru a evidenţia influenţa mediului de răcire asupra vitezei de răcire din centrul piesei s-a făcut răcirea de la 1073 K a unei piese cilindrice din oţel (Ø 25 mm) în diferite medii; rezultatele sînt arătate în fig. 14.19. Se observă că se obţine viteză mare la răcirea în apă şi mică la răcirea în ulei de antracit.

Tabelul 14.1

Capacitatea de răcire a unor uleiuri în raport cu a apei

Mediul de răcire	Densitatea ρ, kg/dm³	Punct de inflamabilitate, K	Viscozitate absolută la 293 K, în °C	v_r ulei / v_r apă %
Ulei mineral cu 3% acizi graşi	0,862	478	0,421	44
Ulei mineral cu 3% acizi graşi	0,874	483	0,415	35
Ulei de transformator	0,909	353	1,29	22
Ulei de palma	0,870	498	0,400	35

Rezultatele s-au obţinut prin răcirea unor rondele de oţel carbon cu 1% C încălzite la 1148 °K. (După French).

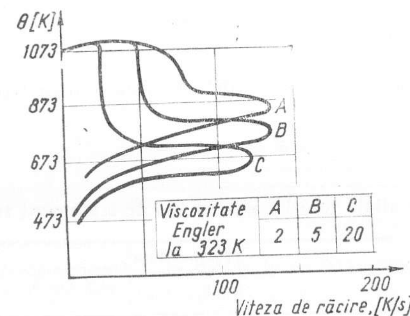


Fig. 14.18. Viteza de răcire a diferitelor uleiuri

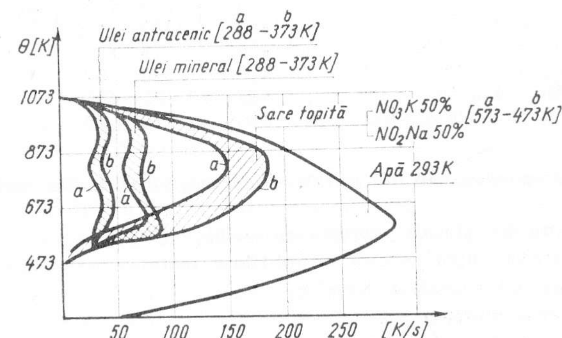


Fig. 14.19. Variaţia vitezei de răcire în miezul unei piese călite de la 1 073 K în diferite medii

Răcirea în băi de metale şi săruri topite şi în aer are loc într-o singură fază, curbele de răcire avînd aceeaşi alură, dar parametrii sînt sensibil diferiţi (fig. 14.19).

Amestecurile de săruri folosite curent (tabelul 14.2).

Tabelul 14.2

Cele mai folosite amestecuri de săruri pentru călire

Compoziţia amestecului	Temperatura de topire θ_t, K	Temperatura de utilizare θ, K
35% NaOH + 65% KOH	428	433–673
50% $CaCl_2$ + 30% $BaCl_2$ + 20% NaCl	703	773–923
50 $NaNO_3$ + 50% KNO_2	416	433–823
75% NaCN + 25% KCN	796	823–873
22,5% NaCl + 77,5% $BaCl_2$	908	938–1143
44% NaCl + 56% KCl	933	993–1173
100% $BaCl_2$	1233	1373–1673
50% $BaCl_2$ + 39% NaCl + 8% borax + 3% MgO	1003	1023–1673

În tabelul 14.3 se dau metalele şi aliajele folosite pentru băi de tratament termic (tabelul 14.3).

Tabelul 14.3

Metale şi aliaje folosite pentru băi de tratament termic

Compoziţia băii	Temperatura de topire θ_t, °K	Temperatura de utilizare θ, K	Observaţii
100% Pb	600	1073–1173	emană gaze
100% Sn	505	673–773	aderă la suprafeţe
Silumin (13% Si + rest. Al)	863	1123–1173	—
92% Sn + 8% Zn	472	773–873	aderă de suprafeţe
51,2 %Sn + 30,6% Pb + 18,2% Cd	418	630–700	—
40% Sn + 56% Bi + 4% Zn	403	600–650	—
25,9% Sn + 53,9% Bi + 20,2% Cd	386	550–650	—

La alegerea compoziţiei băii din metale, aliaje sau săruri topite trebuie să se ţină seama că:

- să nu fie atacate (coroziune locală);
- să nu se emită vapori nocivi în cantitate mare;
- să nu adere de suprafaţa pieselor;
- să nu fie prea scumpe.

Variaţia vitezei medii de răcire între 973–773 K în diferite puncte ale unei bare rotunde imersată în diverse medii de răcire se prezintă în fig. 14.20 (mediul şi piesa în repaus).

Cunoaşterea vitezei de răcire este foarte importantă deoarece există posibilitatea ca prin compararea cu cea din diagramele CCT ale oţelului să se facă precizări asupra structurii obţinute după tratamentul termic.

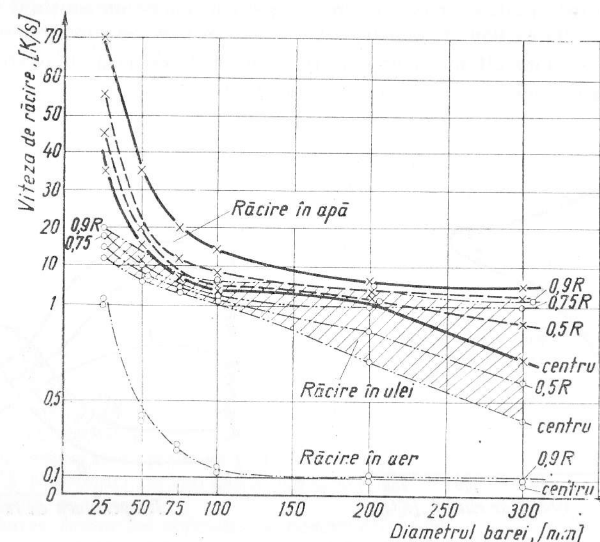


Fig. 14.20. Viteza medie de răcire între 973–773 K în diferite puncte ale unei bare imersată în diferite medii

Este de remarcat faptul că starea suprafeţei piesei are o influenţă mare asupra valorii vitezei de răcire. Prezenţa unui strat de oxizi aderenţi va micşora mult viteza de răcire (fig. 14.21).

14.2.2.2. REVENIREA OŢELURILOR CĂLITE. Revenirea este în fond destul de complexă şi folosirea anumitor valori pentru parametrii ei permite obţinerea unor caracteristici mecanice ridicate (fig. 14.22).

Transformările structurale respectiv proprietăţile mecanice nu depind numai de temperatură, ci şi de durata de menţinere, viteza de încălzire şi viteza de răcire.

Influenţa temperaturii şi duratei de menţinere asupra durităţii după revenire rezultă din diagrama prezentată în fig. 14.23.

Viteza de încălzire la revenire se pare că nu are o influenţă deosebită asupra evoluţiei reacţiilor de transformare. Dacă ea este prea mare poate favoriza creşterea tensiunilor interne şi pot apare fisuri (în piese cu alungire mică) sau deformări (în piesele tenace).

În general, viteza de răcire după revenire n-are nici o influenţă dacă a fost atins echilibrul structural. Din contră, această viteză are importanţă dacă nu s-a transformat austenita reziduală şi dacă oţelurile sînt aliate cu elemente care le fac sensibile la fragilitatea de revenire. Se recomandă să se utilizeze viteze de răcire mai mari (răcire în apă,

ulei) pentru oţelurile aliate cu mangan, crom şi pentru cele cu un conţinut ridicat de fosfor; pentru oţelurile carbon de construcţie răcirea se face cu viteză mică în aer).

Pentru a se produce cît mai complet transformările de fază şi pentru a se reduce tensiunile se recomandă aplicarea revenirilor multiple.

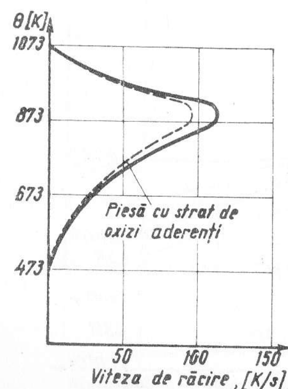


Fig. 14.21. Influenţa stratului de oxid asupra valorii vitezei de răcire a pieselor

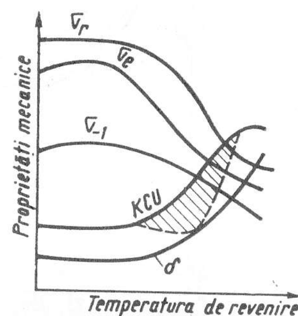


Fig. 14.22. Variaţia caracteristicilor mecanice în funcţie de temperatura de revenire

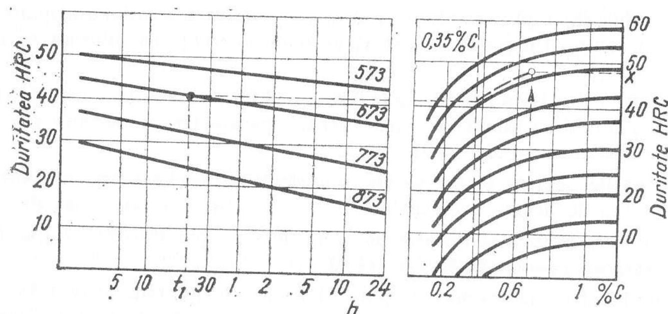


Fig. 14.23. Diagramă pentru determinarea parametrilor revenirii

14.2.2.3. CĂLIREA LA TEMPERATURI JOASE. Răcirea la temperaturi joase poate completa sau înlocui în unele cazuri revenirea; se favorizează transformarea austenitei reziduale în martensită.

Pentru călire la temperaturi joase se imersează piesele în amestecuri refrigerente, alese astfel ca temperatura lor să fie apropiată sau sub punctul critic M_f al aliajului. În tabelul 14.4 se dă compoziţia unor amestecuri refrigerente.

Tabelul 14.4

Amestecuri refrigerente

Compoziţia amestecului	Temperaturi θ, K
Zăpadă carbonică + alcool	273—200
Zăpadă carbonică + azot lichid	173—123
Azot lichid	77
Aer lichid	100
Oxigen lichid	90

Durata de menţinere la temperatura amestecului variază între 1—3 h şi nu prezintă importanţă deosebită.

Călirea la temperaturi joase se poate aplica oţelurilor al căror punct critic M_f este situat sub 273 K (oţeluri carbon peste 0,6% C şi cea mai mare parte a oţelurilor aliate) şi se recomandă pentru:

— durificarea oţelurilor speciale de construcţie cementate şi călite (chiar şi revenite la 433 K); creşte duritatea cu 2—10 unităţi *HRC*;

— mărirea tensiunilor de compresiune în straturile superficiale la oţelurile cementate şi călite;

— mărirea stabilităţii dimensionale a calibrelor, tampoanelor executate din oţeluri speciale; călirea la temperaturi joase stabilizează atît martensita cît şi austenita, şi ca atare dimensiunile instrumentelor rămîn stabile;

— durificarea oţelurilor rapide; se favorizează transformarea aproape totală a austenitei reziduale.

— durificarea oţelurilor cu conţinut ridicat în crom.

Pentru a mări cantitatea de austenită reziduală transformată este bine să se aplice mai multe răciri la temperaturi joase, separate prin reveniri joase. Se recomandă ca răcirea la temperaturi joase să se aplice imediat după călirea în medii obişnuite.

Se menţionează că există pericolul de a se produce fisuri datorită acestei răciri energice. Un mijloc de a micşora acest risc este protejarea pieselor cu un material izolant (azbociment).

14.2.3. CĂLIREA SUPERFICIALĂ A ALIAJELOR FEROASE

Mărirea vitezei de încălzire permite ridicarea temperaturii straturilor superficiale peste cea critică într-un timp scurt încît restul materialului va avea temperaturi mai joase Aceste rezultate se pot obţine prin încălziri cu flacără oxiacetilenică cu rezistenţă electrică de contact, cu curenţi induşi sau prin încălziri parţiale în băi de săruri sau metale topite, a căror temperatură este înaltă. Încălzirea superficială permite concentrarea unor energii mari: 25 000 W/cm² la încălzirea prin curenţi induşi de mare frecvenţă; 1 500 W/cm² la încălzirea cu flacără oxiacetilenică şi 15 W/cm² la încălzirea în băi de săruri.

14.2.3.1. CĂLIREA PRIN ÎNCĂLZIRE CU FLACĂRĂ OXIACETILENICĂ. Piesa primeşte o mişcare de rotaţie, iar arzătorul se deplasează de-a lungul generatoarei cu o anumită viteză (fig. 14.24) fiind urmat la o distanţă „a" de conducta de răcire prin care se transmite lichidul de răcire sub presiune de 2–4 at.

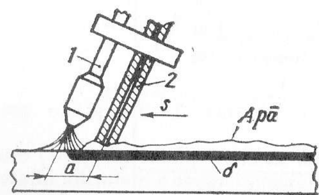


Fig. 14.24. Schema călirii prin încălzire cu flacără oxiacetilenică:
1 — arzător; *2* — conductă de răcire

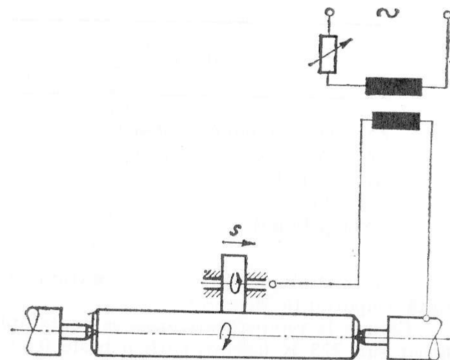


Fig. 14.25. Schema instalaţiei de călire prin contact electric

Adîncirea stratului călit ($\delta = 5 \ldots 10$ mm) depinde de avansul arzătorului, intensitatea flăcării, distanţa dintre arzător şi conducta de răcire şi se calculează cu relaţia:

$$\delta = f\left(\frac{1}{I_f};\ \frac{1}{s}:\ a\right)$$

în care: I_f este intensitatea flăcării;
s — avansul arzătorului;
a — distanţa dintre arzător şi conducta de răcire.

La acest procedeu de călire materialul se supraîncălzeşte şi se oxidează nu se pot stăpîni toţi parametrii încălzirii, ceea ce constituie un mare neajuns. Metoda se foloseşte la călirea batiurilor de maşini unelte, arborilor, roţilor dinţate, frezelor.

14.2.3.2. CĂLIREA PRIN ÎNCĂLZIRE CU REZISTENŢĂ ELECTRICĂ DE CONTACT. Piesa execută o mişcare de rotaţie şi este în legătură cu circuitul secundar al unui transformator de curent electric ($U = 2 \ldots 4$ V; $I = 500 \ldots 1500$ A) (fig. 14.25). Prin trecerea curentului de la electrod la piesă, pe suprafaţa de contact (electrod-piesă) apare o densitate mare de curent care datorită efectului Joule-Lenz va provoca încălzirea straturilor superficiale într-un timp scurt.

Electrodul de cupru (disc) se deplasează cu un anumit avans pe generatoarea piesei. Răcirea piesei se face cu lichid sub presiune (1–2 at.). Pe suprafaţa piesei apar benzi de duritate diferită (la călirea succesivă a straturilor pe generatoare se creează condiţii de revenire a unor zone).

Productivitatea mică şi apariţia benzilor de duritate diferită constituie neajunsuri ale metodei şi de aceea răspîndirea ei în producţie nu este prea mare.

14.2.3.3. CĂLIREA PRIN ÎNCĂLZIRE CU CURENŢI INDUŞI DE ÎNALTĂ FRECVENŢĂ. Piesa este înconjurată cu un inductor străbătut de un curent alternativ de înaltă frecvenţă. Încălzirea straturilor superficiale se realizează datorită curenţilor induşi şi datorită efectului pelicular. Forma şi dimensiunile inductoarelor este adaptată la piesa de tratat pentru a se obţine densităţi mari de flux magnetic.

Adîncimea de pătrundere a curenţilor induşi depinde de caracteristicile fizice ale materialului şi de frecvenţa curentului folosit:

$$p = 5 \cdot 0{,}3 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{\mu\rho}{f}}\ [\text{mm}]. \qquad \textbf{(14.1)}$$

în care: f este frecvenţa curentului folosit, Hz;
μ — permeabilitatea magnetică, H/m;
ρ — rezistivitatea materialului, Ωm.

Cum μ şi ρ variază cu temperatura (μ devine aproape nul la deplasarea punctului Curie, iar ρ creşte puţin) pătrunderea curentului va fi dependentă de frecvenţă.

Adîncimea de încălzire δ va fi egală cu pătrunderea curenţilor induşi dacă: $10\ p > 2r > 4{,}5\ p$.

Clasificarea frecvenţelor de lucru se face convenţional în funcţie de raportul r/p:

$$\frac{r}{p} < 1{,}77 \text{ — frecvenţă joasă;}$$

$$1{,}77 < \frac{r}{p} < 10 \text{ — frecvenţă medie;}$$

$$\frac{r}{p} > 10 \text{ — frecvenţă înaltă.}$$

Nu se vor supune încălzirii prin curenţi de înaltă frecvenţă pentru a fi călite piese cu diametrul sub 3 mm (se produce încălzire pe toată secţiunea).

Încălzirea prin curenţii de înaltă frecvenţă se face cu viteză mare, punctele de transformare se deplasează la temperaturi mai înalte, creşte viteza de germinare, se va obţine austenită omogenă, cu granulaţie mai fină. La răcire se obţine martensită ce prezintă microvolume cu neomogenităţi importante, cresc stările tensionate, creşte viteza critică de călire şi se obţin caracteristici mecanice mai ridicate.

Date tehnice de la încălzirea prin C.I.F. Puterea specifică absorbită

$$P_s = 2\pi H_0^2 \sqrt{\mu\rho f}\ [\text{W/m}^2]. \qquad (14.2)$$

Puterea specifică absorbită nu depinde de dimensiunile piesei ci de intensitatea cîmpului magnetic inductor (H_0) şi caracteristicile materialului (ρ, μ) (tabelul 14.5).

Randamentul de transfer al energiei de la inductor la piesă este mult mai mare dacă există diferenţă între materialul inductorului şi al piesei (de exemplu: inductor de cupru, piesă de oţel: $\eta_t = 87-98\%$, iar inductor de cupru, piesă de cupru: $\eta_t = 50\%$).

Tabelul 14.5

Puterea specifică absorbită în încălzirea prin curenţi de înaltă frecvenţă

Material	Puterea specifică P_s, W/cm²			Observaţii
	f = 10 KHz	100 KHz	1 MHz	
Cupru	0,35	0,13	14	
Oţel	0,35	1,1	3,5	peste punctul Curie
	4,5	14	45	sub punctul Curie

Puterea necesară încălzirii piesei:

$$P = KP_i \text{ [J/s]},$$
$$K = 4{,}18 \text{ [J/cal]}, \quad (14.3)$$

$$P_i = mc\frac{\Delta\theta}{\Delta t} \text{ [W]}, \quad (14.4)$$

în care: m este masa materialului supus încălzirii;
c — căldura specifică, J/kg . grad;
$\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ — viteza de încălzire, K/s.

Puterea necesară încălzirii pe unitatea de volum:

$$P_v = \frac{P_i}{V} \text{ [J/s . cm}^3\text{]}, \quad (14.5)$$

în care: V este volumul de material încălzit, m³.

Energia necesară la călirea superficială se calculează cu relaţia:

$$W = W_v\delta A \text{[J]}, \quad (14.6)$$

în care: W_v = 4 600 J/cm³ este energia necesară unui cm³ de oţel pentru a suferi transformarea la 1 073°K;
δ — adîncimea stratului călit, cm;
A — suprafaţa supusă încălzirii, cm².

Puterea specifică pentru încălzirea unităţii de volum:

$$P_s = \frac{W_v\delta}{t_i} \text{ [W/cm}^2\text{]}, \quad (14.7)$$

în care t_i este timpul de încălzire, s.

Puterea specifică depinde de ρ, μ şi de temperatura de încălzire, şi ca atare relaţia (14.7) nu dă decît valori aproximative şi este necesar de a se stabili experimental ţinînd seama de condiţiile de lucru.

Pentru viteza de încălzire de 1 000°C/s, puterea specifică se dă în tabelul 14.6.

Din punct de vedere tehnologic călirea prin încălzire cu curenţi de înaltă frecvenţă poate fi simultană (fig. 14.26) sau succesivă (fig. 14.27).

Tabelul 14.6

Puterea specifică necesară pentru încălzirea cu curenţi de înaltă frecvenţă

Material	Puterea pe unitatea de masă, kW/g	Puterea specifică P_s, kW/cm²
Cupru	1,2	11
Oţel	0,65	5,1

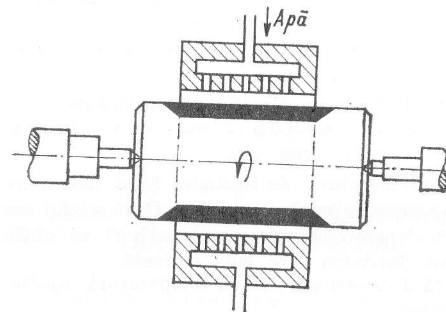


Fig. 14.26. Călirea simultană la încălzirea prin CIF

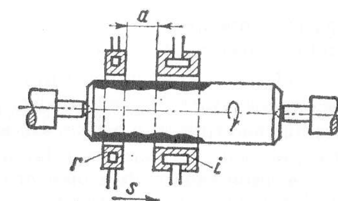


Fig. 14.27. Călirea succesivă la încălzirea prin CIF

14.2.4. TRATAMENTE TERMOCHIMICE APLICATE OŢELURILOR ŞI FONTELOR

Tratamentele termochimice provoacă atît modificări de structură cît şi de compoziţie chimică a straturilor superficiale. Modificarea compoziţiei chimice are loc datorită îmbogăţirii straturilor superficiale cu un anumit element de aliere (C, N, Al, Cr, S etc.).

Pentru realizarea tratamentului termochimic, piesele trebuie să se încălzească la temperaturi mai înalte sau mai joase decît temperaturile de transformare, în medii bogate în elemente cu care se urmăreşte să se îmbogăţească straturile superficiale.

În timpul încălzirii pieselor pentru tratamentul termochimic au loc procesele elementare: disocierea mediului şi apariţia de atomi activi, absorbţia acestor atomi în piesă, difuziunea atomilor activi.

14.2.4.1. CEMENTAREA. Cementarea este un tratament termochimic prin care se obţine îmbogăţirea în carbon a straturilor superficiale. Se supun cementării oţelurile cu un conţinut mai mic de 0,25% C. Ca mediu de încălzire se foloseşte un amestec format din 40% mangal de mesteacăn şi 20% carbonat de sodiu (pentru cementare în mediu solid), sau 76—83% Na_2CO_3 + 11 — 14% NaCl + 6—10% SiC (pentru cementare în mediu lichid), oxid de carbon, gaz metan (pentru cementare în mediu gazos).

Cementarea se realizează prin: încălzire la 1 173–1 223°K (sau la 1 123–1 173 K în cazul cementării în mediul lichid sau gazos) timp de 8–10 h pentru o adîncime de 1 mm a stratului cementat (durata cementării scade la 4–5 h în cazul folosirii mediilor lichide sau gazoase).

Porțiunile din piesă care nu trebuie cementate se protejează prin cuprare sau prin acoperire cu silicat de sodiu (filete, capete).

După cementare piesele se supun la călire și revenire joasă. Călirea poate fi: simplă, cînd răcirea se face în apă sau ulei direct de la temperatura de cementare, indirectă, cînd piesele se răcesc de la temperatura de cementare în aer, se încălzesc la temperatura de călire și apoi se răcesc în apă sau ulei și dublă cînd se aplică o tehnologie similară cu cea a călirii indirecte cu deosebirea că se face în plus o a doua călire de la temperatură ceva mai joasă. Cele mai bune rezultate se obțin la călirea dublă deoarece se obține o structură mai fină și caracteristici mecanice mai mari.

14.2.4.2. NITRURAREA. Nitrurarea este tratamentul termochimic prin care se realizează îmbogățirea straturilor superficiale în azot.

Piesele călite, revenite și prelucrate la cote finale se încălzesc în atmosferă de amoniac la temperaturi de 773–823°K și se mențin circa 40–60 h (se obține o adîncime de strat nitrurat de 0,2–0,4 mm).

Adîncimea stratului nitrurat depinde de temperatura de încălzire (este mai mare dacă temperatura este mai înaltă) și de compoziția chimică a oțelului. Dacă oțelul are conținut mai ridicat în carbon sau este aliat cu elemente care formează carburi se obțin adîncimi mai mari ale stratului nitrurat, dar duritatea este mai ridicată.

Se recomandă răcirea pieselor în atmosferă de amoniac pînă la temperatura mediului ambiant, pentru a obține suprafețe lucioase.

Zonele din piese care nu trebuie nitrurate se protejează cu silicat de sodiu, cupru depus electrolitic sau vopsele speciale.

Piesele nitrurate prezintă rezistență mare la uzură, la oboseală și la coroziune. Se pot nitrura oțelurile carbon de construcție, oțelurile aliate și fontele. Se obțin rezultate mai bune la oțelurile și fontele aliate.

14.2.4.3. CARBONITRURAREA. Carbonitrurarea este tratamentul termochimic prin care se realizează îmbogățirea straturilor superficiale în carbon și azot.

Piesele se încălzesc în mediu bogat în azot și carbon (amestec de 75% gaz metan și 25% amoniac) la temperaturi de 1123–1223°K timp de 3–5 h funcție de grosimea stratului carbonitrurat ce trebuie obținut ($\delta = 0,5 \dots 0,7$ mm).

Piesele supuse carbonitrurării trebuie curățate de grăsimi, uleiuri etc. înainte de introducerea în cuptor. Curățirea se poate realiza cu diferite substanțe degresante prin introducerea pieselor în băi alcaline sau instalații speciale de tricloretilenă.

Carbonitrurarea se poate realiza încălzind piesele în mediul gazos format din hidrocarburi și amoniac (procentul de amoniac se recomandă să fie de 20% pînă la 1123 K și de 10% la temperaturi mai înalte). Se recomandă următoarea tehnologie de lucru: piesele se încălzesc pînă la 973°K, se introduce amoniac în spațiul de lucru și se continuă încălzirea pînă la temperaturile prescrise; se introduce apoi gazul metan (sau alte hidrocarburi) și se menține un timp de 0,5–1 h; cu jumătate de oră înainte de terminarea procesului se oprește introducerea hidrocarburilor și se lasă numai amoniacul. Respectarea acestei tehnologii favorizează obținerea unui strat de legătură între miezul și straturile superficiale ale piesei și se împiedică formarea rețelei de carburi la limitele grăunților

Se recomandă ca debitul de hidrocarburi și amoniac să se regleze funcție de posibilitatea de absorbție a atomilor activi de către suprafața pieselor supuse carbonitrurării.

Perfecționarea procedeului de carbonitrurare s-a realizat prin folosirea atmosferelor controlate, cu adaosuri de hidrocarburi și amoniac. Atmosfera controlată se obține în generatoare endoterme la care se adaugă 3–7% gaz metan și 2–15% amoniac anhidru. Debitul gazelor de atmosferă controlată se stabilește funcție de mărimea camerei de lucru (respectiv suprafața totală a pieselor supuse carbonitrurării) și de punctul de rouă. Se recomandă să se folosească un debit de 12–14 m^3/h pentru fiecare metru cub al camerei de lucru (atmosfera controlată avînd punctul de rouă 388 K) la care se adaugă 10% amoniac și 5% gaz metan, fapt care face ca la temperatura de 1173 K și durata de 3–4 h grosimea stratului carbonitrurat să fie de 0,4–0,6 mm.

Călibilitatea straturilor carbonitrurate este bună și răcirea pieselor se poate face în ulei. Spre a se evita scăderea conținutului în azot al straturilor superficiale și pentru ca suprafața pieselor să fie lucioasă se recomandă ca răcirea în ulei să se facă sub atmosferă bogată în amoniac.

Carbonitrurarea se poate aplica oțelurilor carbon de construcție, oțelurilor aliate de construcție, fontelor cu grafit nodular și fontelor maleabile. Piesele carbonitrurate prezintă stabilitatea la revenire [își păstrează proprietățile mecanice și la temperaturi înalte (673–723 K)] și au o rezistență la uzură de circa 2–3 ori mai mare ca cele cementate.

14.2.5. UTILAJE PENTRU ÎNCĂLZIREA PIESELOR SUPUSE TRATAMENTULUI TERMIC

Pentru încălzirea integrală a pieselor se folosesc diferite cuptoare cu flacără, cu rezistențe electrice, băi de săruri și metale topite.

La alegerea și construirea unui cuptor de tratament termic trebuie:

- să fie posibilă obținerea unei anumite temperaturi și cantități de căldură;
- să se poată regla ușor temperatura;
- să se poată obține o anumită atmosferă de lucru (în general reducătoare);
- să se poată realiza o anumită capacitate de producție.

Cuptorul trebuie să producă o cantitate de căldură (la temperatura dorită) care să asigure încălzirea încărcăturii și compensarea pierderilor. În același timp va trebui să asigure o uniformitate a temperaturii în toată masa încărcăturii.

În plus, se va ține seama de dimensiunile pieselor la dimensionarea spațiului de lucru.

14.2.5.1. CUPTOARE CU FLACĂRĂ. Schema de principiu a unui cuptor cu flacără este reprezentat în fig. 14.28.

Capacitatea productivă a cuptorului cu flacără se poate determina folosind ipotezele:

- transferului de căldură către încărcătură;
- uniformizarea temperaturii în încărcătură.

Calculul capacității productive în ipoteza transferului de căldură către încărcătură. Pentru a calcula puterea de încălzire în această ipoteză se recomandă să se folosească coeficienții globali de transmiterea căldurii. Prin coeficient global de transmiterea căldurii se înțelege valoarea medie a coeficienților de transmitere a căldurii prin convecție, radiație, conductibilitate.

Valoarea coeficienţilor globali de transmitere a căldurii se stabileşte în funcţie de temperatura agentului termic şi a piesei. În mod obişnuit valoarea coeficientului global de transmitere a căldurii se alege din diagrama prezentată în fig. 14.29, ţinînd seama de temperatura încărcăturii (θ_{inc}) şi de temperatura flăcării (θ_{fl}).

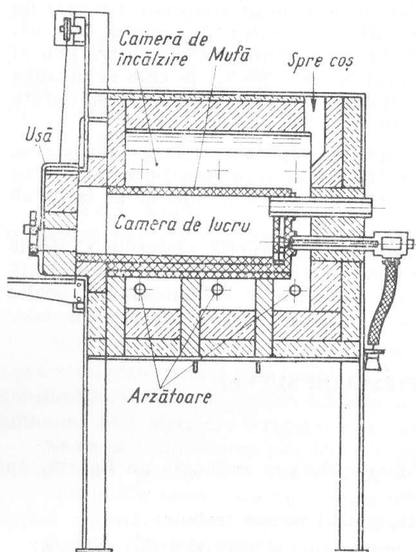


Fig. 14.28. Secţiune transversală schematizată printr-un cuptor cu flacără

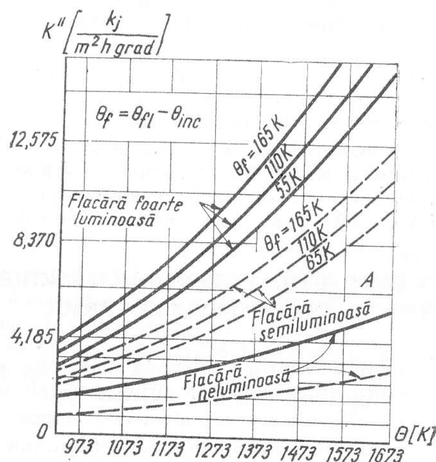


Fig. 14.29. Coeficienţii globali de transmitere a căldurii către încărcătură:

Cantitatea de căldură transmisă piesei de un metru pătrat de suprafaţă din instalaţia de încălzire se calculează cu relaţia:

$$Q_s = K''\,\theta_{med}\,t \quad [\mathrm{J/m^2}]. \tag{14.8}$$

În calcul se recomandă să se folosească temperatura medie care ţine seama de posibilităţile încălzirii uniforme a piesei la suprafaţă şi în miez.

Temperatura medie se calculează cu relaţia:

$$\theta_{med} = \theta_f - \theta_s + 0{,}4\,\theta_i \quad [\mathrm{K}], \tag{14.9}$$

în care: θ_f este temperatura agentului termic; θ_s — temperatura suprafeţei încărcăturii; θ_i — temperatura miezului încărcăturii.

Pentru a nu se creea o stare puternic tensionată se recomandă ca diferenţa între temperatura suprafeţei şi miezului piesei să nu fie mai mare de 40°C:

$$\theta_{med} = \theta_f - \theta_s + 0{,}4(\theta_s - 40) = \theta_f - 0{,}6\,\theta_s - 16 \quad [\mathrm{K}]. \tag{14.10}$$

Cantitatea de căldură necesară încălzirii încărcăturii se calculează folosind căldura latentă caracteristică materialului respectiv:

$$Q_2 = m_s\,\Delta L_t = m_s(L_{t2} - L_{t1}) \quad [\mathrm{J/m^2}], \tag{14.11}$$

în care: m_s este masa încărcăturii pe un m² din suprafaţa vetrei;
L_{t2} = căldura latentă la temperatura de încălzire a încărcăturii;
L_{t1} = căldura latentă la temperatura ambiantă a încărcăturii.

Cantitatea de căldură produsă pe unitatea de suprafaţă a instalaţiei se presupune că se transmite integral încărcăturii. Pe această bază se poate scrie:

$$K''\,\theta_{med}\,t = m_s(L_{t2} - L_{t1}), \tag{14.12}$$

$$t = \frac{m_s(L_{t2} - L_{t1})}{K''\,\theta_{med}} \quad [\mathrm{s}]. \tag{14.13}$$

Cunoscînd timpul în care se face încălzirea încărcăturii, pentru fiecare metru pătrat de suprafaţă se poate calcula uşor capacitatea de încălzire a unui cuptor cu vatra de o anumită suprafaţă şi cu încărcarea specifică cunoscută.

Notînd cu A suprafaţa totală a vetrei cuptorului, în m² şi cu m_s încărcătura specifică, în kg/m², capacitatea de încălzire a cuptorului va fi:

$$m_o = \frac{A m_s}{t} \quad [\mathrm{kg/h}]. \tag{14.14}$$

Se recomandă ca amplasarea pieselor în cuptor să fie judicios aleasă pentru a asigura o încălzire uniformă şi într-un timp cît mai scurt.

Calculul capacităţii productive în ipoteza uniformizării temperaturii în încărcătură. În cazul pieselor cu dimensiuni mari şi conductibilitate termică scăzută factorul determinant la calculul puterii de încălzire al cuptorului este timpul de încălzire în care se face uniformizarea temperaturii în încărcătură.

Diferenţa de temperatură între suprafaţa şi miezul piesei prezintă importanţă mare în două perioade:

— la sfîrşitul încălzirii, cînd trebuie cunoscută exact valoarea diferenţei de temperatură între suprafaţă şi miez, pentru a obţine prin tratamente termice transformările dorite;

— în timpul încălzirii, cînd în funcţie de diferenţa de temperatură între suprafaţa şi miezul piesei se alege viteza de încălzire de aşa manieră încît să nu producă deteriorarea acesteia (fisurări, crăpături, deformări).

Dacă încălzirea se face într-un cuptor la care temperatura depăşeşte cu 35—55 K pe cea a încărcăturii se poate admite că practic nu există perioadă de uniformizarea bine definită. Din contră dacă încărcătura este încălzită într-un cuptor a cărui temperatură depăşeşte cu 150—200 K pe cea a încărcăturii, uniformizarea începe atunci cînd temperatura cuptorului a scăzut la cea a piesei (cuptorul fiind scos din circuit după ce temperatura suprafeţei piesei a atins valoarea impusă).

Durata acestei perioade este greu de stabilit. Durata încălzirii se admite a fi proporţională cu dimensiunile încărcăturii în timp ce durata uniformizării nu respectă această proporţionalitate.

Determinarea timpului de egalizare a temperaturii, cînd temperatura suprafeţei este menţinută constantă în timpul uniformizării, se poate face comod folosind relaţia:

$$k_{\theta} = \frac{\Delta\theta_1 \text{ Diferenţa de temperatură admisă la sfîrşitul uniformizării}}{\Delta\theta \text{ Diferenţa de temperatură existentă la începutul uniformizării}} \tag{14.15}$$

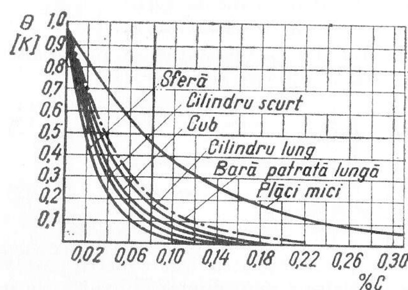


Fig. 14.30. Nomogramă pentru determinarea coeficienţilor de calcul ai timpului de uniformizare a încălzirii.

În funcţie de forma piesei şi valoarea k_{θ} din diagrama 14.30 se stabileşte valoarea coeficientului k, care ţine seama de timpul de uniformizare, de difuzibilitatea termică şi de dimensiunile piesei:

$$k = \frac{at}{\delta^2}, \tag{14.16}$$

în care: a este difuzibilitatea, m^2/s; t — timpul de menţinere pentru uniformizare, s; δ — grosimea piesei, m.

Calculul timpului de uniformizare se face în felul următor:

— se calculează difuzibilitatea materialului;

— se calculează valoarea raportului k_{θ}, admiţînd o valoare minimă a diferenţei finale între temperatura suprafeţei şi miezul piesei (la tratamente termice se admite maximum 40°K);

— în funcţie de valoarea raportului k_{θ} cu diagrama din fig. 14.30 se stabileşte valoarea lui k;

— cunoscînd valoarea lui k timpul de uniformizare se poate calcula cu formula:

$$t = \frac{k\,\delta^2}{a} \quad [\text{s}]. \tag{14.17}$$

14.2.5.2. CUPTOARE ELECTRICE CU REZISTENŢE. Încălzirea acestor cuptoare se realizează prin trecerea curentului electric printr-un material, care poartă numele de rezistenţă (element de încălzire). Elementul de încălzire poate fi format din sîrme sau benzi metalice, ori din bare de silită.

Materialul folosit pentru elementele de încălzire depinde de temperatura de lucru. Astfel, pînă la 673—773 K se folosesc fontele cenuşii şi oţelurile carbon de construcţie; între 773—1073°K aliaje de fier nichel, crom (35%Ni; 18% Cr; < 1,25%Si, restul fier); între 1073—1673 K se foloseşte Kanthalul (3,5—6% Al; 19—25%Cr; 0,5—3%Co; restul fier).

Sîrmele sau benzile se dispun pe pereţii laterali şi bolta cuptorului, pe suporţi speciali, în canale închise sau deschise. Lungimea buclei benzii este determinată de rezistenţa de fluaj a materialului elementului de încălzire.

Pentru temperaturi înalte (peste 1373 K) se folosesc rezistenţe din materiale nemetalice (carbură de siliciu) cunoscute sub denumirea de silită.

Capacitatea de încălzire a cuptoarelor electrice se determină în funcţie de puterea specifcă admisibilă a elementului de încălzire ($P_{s\ adm}$).

Valoarea lui $P_{s\ adm}$ se alege în funcţie de materialul elementului de încălzire şi de temperatura de lucru. În tabelul 14.7 se dau cîteva exemple.

Tabelul 14.7

Puterea specifică admisibilă pentru rezistenţe electrice metalice

Aliajul folosit pentru rezistenţă	Puterea specifică admisibilă $P_{s\ adm}$, W/cm² — Temperatura, K							
	573	573—673	673—873	873—1073	1073—1173	1173—1273	1273—1373	1373—1473
20% Cr + 30% Ni + 50% Fe	3	2,5	2	1,5	1	—	—	—
<0,15% C; 15—18% Cr; 55—61% Ni; 15% Mn; <1% Si; restul Fe	3,5	3	2,5	2	1,5	—	—	—
<0,15% C; 20—23% Cr; 75—78% Ni; 1,5% Mn; 0,5% Si; restul Fe	4	3,5	3	2,5	2	1	0,8	
20% Cr; 5% Al; 0,5%Co restul Fe	—	—	—	—	—	2—3 2,7	1,8	1,3 1,8

De obicei interesează capacitatea de încălzire pe unitatea de suprafaţă a vetrei cuptorului şi de aceea se aproximează că suprafaţa de pozare a rezistenţelor electrice metalice este egală cu dublul suprafeţei vetrei.

Încărcarea pe unitatea de suprafaţă a vetrei va fi:

$$P_s = 2\,kP_{s\ adm} \quad [\text{W/cm}^2]. \tag{14.18.}$$

$k = 0,75$ este un coeficient ce ţine seama că rezistenţele electrice ocupă numai 75% din suprafaţa peretelui pe care sînt montate.

Ţinînd cont de suprafaţa vetrei cuptorului (A) se determină puterea totală:

$$P_t = P_s A \quad [\text{W}]. \tag{14.19}$$

Rezistenţa electrică se determină cu relaţia:

$$R = \frac{U^2}{P_t} \quad [\Omega] \text{ (pe o fază)}. \tag{14.20}$$

Dimensiunile rezistenţei se determină cu relaţiile:

$$\text{Lungimea: } l = \frac{P_t}{\pi d \rho_{s\ adm}} = \frac{RA_s}{\rho} \text{ [m]}, \tag{14.21}$$

$$\text{Diametrul: } d = \sqrt[3]{\frac{4\rho_{s\ adm} P_t^2}{\pi^2 U^2 P_{s\ adm}}} \text{ [m]}. \tag{14.22}$$

La cuptoarele cu bare de silită se recomandă alimentarea prin intermediul unui transformator cu prize multiple şi montarea după schema prezentată în fig. 14.31.

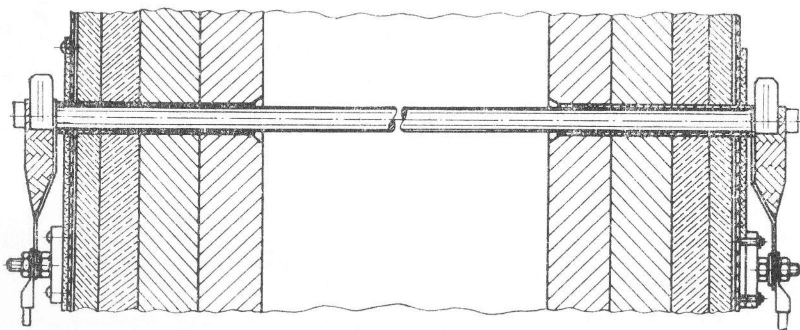


Fig. 14.31. Schema montării barelor de silită

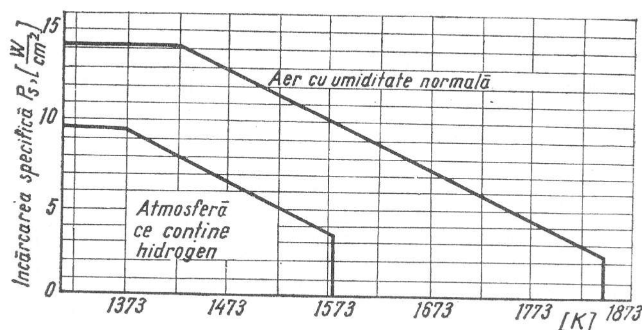


Fig. 14.32. Încărcarea specifică admisibilă a barelor de silită

Barele de silită se montează unele faţă de altele şi faţă de pereţii cuptorului la o distanţă cel puţin egală cu dublul diametrului barei.

Încărcarea specifică a barei de silită este funcţie de temperatura şi natura atmosferei de lucru (fig. 14.32).

Calculul de dimensionare al barelor de silită este similar cu cel prezentat la rezistenţele metalice.

14.2.5.3. CUPTOARE CU BĂI DE SĂRURI. Încălzirea acestora se poate face direct cu flacără, cu rezistenţe electrice sau direct prin imersarea electrozilor în săruri

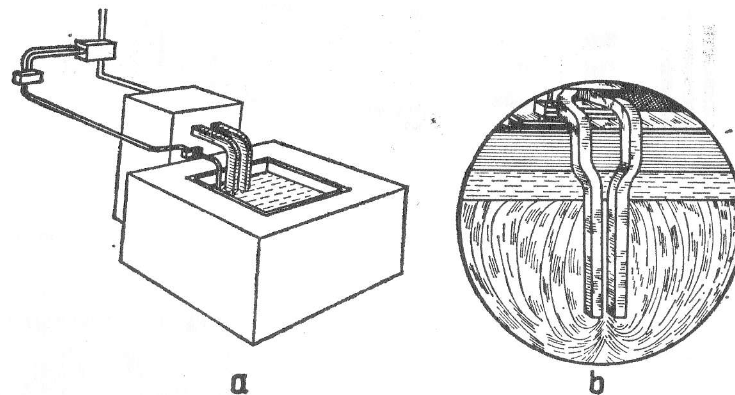


Fig. 14.33. Cuptor cu baie de săruri cu electrozi imersaţi

topite. Electrozii sînt alimentaţi cu curent alternativ prin intermediul unui transformator de joasă tensiune ($U = 5 \ldots 20$ V, $I = 1.000 \ldots 8.000$ A).

Între electrozi se exercită o forţă electromagnetică suficientă ca să provoace circulaţia sărurilor topite (fig. 14.33).

Se recomandă ca distanţa dintre electrozi să fie de 25–75 mm, să se imerseze cel puţin 250 mm şi să fie distanţaţi faţă de fundul creuzetului cu cel puţin 100 mm.

Punerea în funcţiune a cuptorului cu electrozi imersaţi se realizează prin topirea unei cantităţi mici de sare (prin rezistenţă electrică sau prin arc electric) în care apoi treptat se adaugă sare pînă la umplerea băii.

Cuptoarele cu băi de săruri au capacitate productivă mică, de aceea se recomandă folosirea mai multor băi montate în baterii (4–8).

14.2.5.4. INSTALAŢII PENTRU ÎNCĂLZIREA PRIN INDUCŢIE CU CURENŢI DE ÎNALTĂ FRECVENŢĂ. Aceste instalaţii sînt realizate într-o gamă foarte variată:

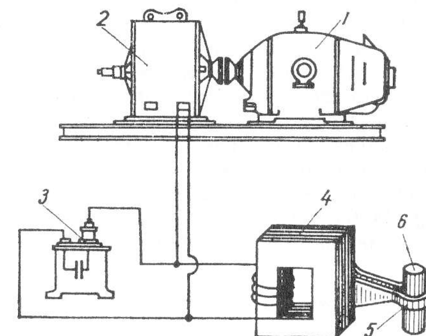


Fig. 14.34. Generator rotativ pentru curenţi de înaltă frecvenţă:
1 – motor de antrenare; 2 – generator; 3 – condensatori 4 – transformator; 5 – inductor; 6 – piesă

a. Generatoare rotative pentru curenţi de înaltă frecvenţă; se construiesc pentru puteri pînă la 200 kW, $f = 200 \ldots 10.000$ Hz; şi $\eta_t = 0,7 \ldots 0,8$ (fig. 14.34).

b. Generatoare electronice pentru curenţi de înaltă frecvenţă (fig. 14.35). Se construiesc în general pentru puteri mari (pot fi şi unităţi de putere mică) şi frecvenţe ridicate ($f > 10.000$ Hz), putînd atinge 300–500 MHz şi $\eta_t = 0,6 \ldots 0,7$.

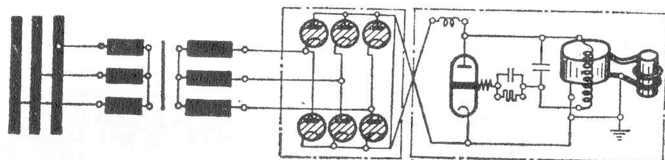


Fig. 14.35. Generator electronic pentru curenţi de înaltă frecvenţă

Pentru călirile superficiale se recomandă folosirea generatoarelor electronice pentru curenţi de înaltă frecvenţă.

14.2.6. UTILAJE PENTRU RĂCIREA PIESELOR SUPUSE TRATAMENTULUI TERMIC.

În secţiile de tratament termic se folosesc diferite instalaţii de răcire, care pot fi grupate în: **băi de răcire izoterme** şi **băi de răcire continuă**.

14.2.6.1. BĂILE DE RĂCIRE IZOTERMĂ. Sînt de fapt cuptoare cu băi de săruri sau metale topite, care prezintă o construcţie similară cu cele folosite la încălzire (fig. 14.36) În funcţie de temperatura la care se face menţinerea izotermă se vor folosi diferite metale, aliaje sau amestecuri de săruri, toate îndeplinind condiţiile arătate la cuptoarele băi pentru încălzire.

Băile de răcire continuă sînt de fapt recipiente cu diferite lichide (apă, soluţii apoase uleiuri etc) a căror construcţie permite menţinerea constantă a temperaturii lichidului şi asigură răcirea unui anumit lot de piese. Băile de răcire pot fi prevăzute cu diferite mecanisme pentru manipularea pieselor.

14.2.6.2. BĂI DE RĂCIRE CU REÎMPROSPĂTAREA LICHIDULUI. De obicei în aceste băi se foloseşte apa drept mediu de răcire şi menţinerea constantă a temperaturii se realizează prin introducerea de lichid rece prin partea inferioară (fig. 14.37) sau şi la anumite nivele pe pereţii laterali, dacă baia are înălţime mare.

Calculul unor asemenea băi se face pornind de la bilanţul termic:

$$m(c_1\theta_i - c_2\theta_f) = Vc_l(\theta_{lf} - \theta_{li}) \tag{14.23}$$

în care: m este masa pieselor supuse răcirii, kg; c_1, c_2 — căldurile specifice ale materialului răcit J/kg . grad; θ_i — temperatura iniţială K; θ_f — temperatura finală, K; c_l — căldura specifică a mediului de răcire, J/m³ grad; θ_{lf} — temperatura finală a mediului de răcire, K; θ_{li} — temperatura iniţială a mediului de răcire, K; V — volumul lichidului de răcire m³.

Pentru apă se recomandă să se adopte:

$$\theta_{li} = 288 \ldots 293 \quad [\text{K}] \text{ şi } \theta_{lf} = \text{maximum } 313 \quad [\text{K}].$$

Ţinînd seama de volumul dislocuit de piesele introduse, de dilataţia lichidului şi de faptul că trebuie să nu se creeze curenţi reci de apă, baia se prevede cu o pungă de evacuare al cărei volum se determină cu relaţiile:

$$V_p = V_{l1} + V_{l2}, \tag{14.24}$$

$$V_{l1} = \frac{\rho_i - \rho_f}{\rho_i} V; \qquad V_{l2} = \frac{m}{\rho}. \tag{14.25}$$

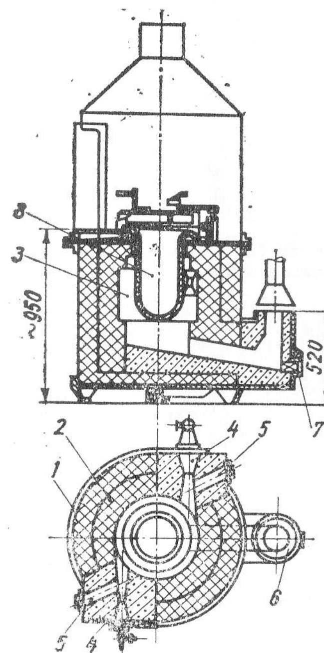


Fig. 14.36. Baie de răcire izotermă:

— carcasă metalică; 2 — cărămidă refractară; 3 — cameră de ardere; 4 — arzătoare; 5 — orificiu pentru aprindere; 6 — canal de fum; 7 — orificiu pentru evacuarea sărurilor; 8 — creuzet

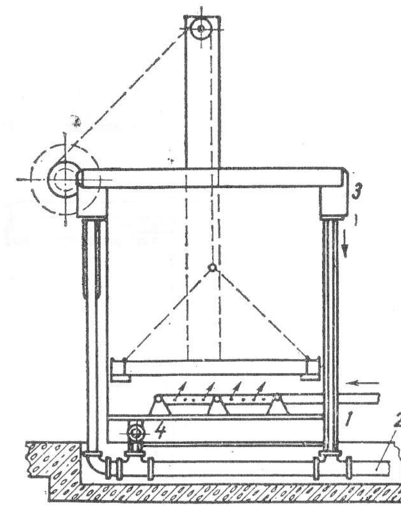


Fig. 14.37. Baie de răcire cu reîmprospătarea lichidului:

1 — conductă de aducţiune; 2 — conductă de evacuare; 3 — pungă de evacuare; 4 — robinet de golire

Volumul total al băii de răcire va fi:

$$V_t = V + V_p \quad [\text{m}^3] \tag{14.26}$$

Spre a stabili dimensiunile recipientului se ia în considerare lungimea maximă a pieselor şi faptul că trebuie să existe un strat de lichid de cel puţin 250 mm deasupra pieselor.

Ţinînd seama de lungimea pieselor se stabileşte înălţimea recipientului şi funcţie de V_t se determină secţiunea transversală a băii.

Dimensionarea conductelor de introducere şi de evacuare a lichidului se face ţinînd seama de debitul de lichid necesar pentru menţinerea constantă a temperaturii şi de viteza lichidului în conducte.

14.2.6.3. BĂI DE RĂCIRE LOCALĂ PRIN SERPENTINĂ. În cazul folosirii uleiurilor şi a produselor petroliere sau a soluţiilor apoase, menţinerea constantă a tem-

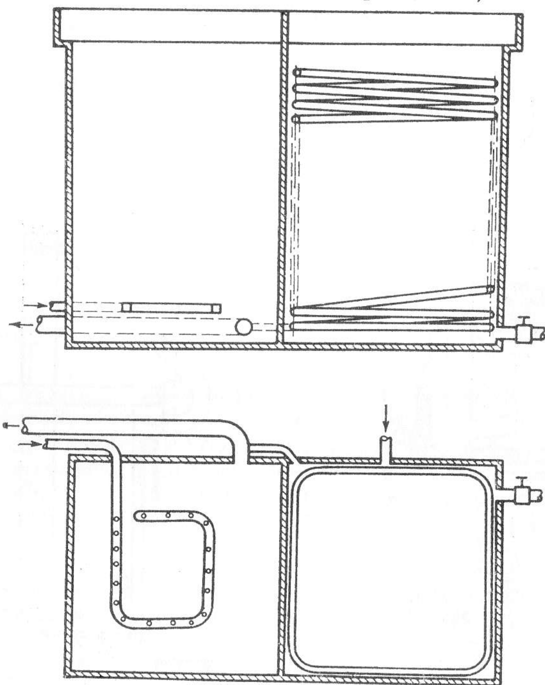


Fig. 14.38. Baie cu răcire locală prin serpentină

peraturii lichidului se realizează prin evacuarea căldurii introdusă de piesă, printr o serpentină în care circulă apă sub presiune (fig. 14.38).

Cantitatea de căldură ce se poate evacua prin serpentină se determină cu relaţia:

$$Q_1 = \alpha A \theta_{med} t \quad [\text{J}], \qquad (14.27)$$

în care: α este coeficientul mediu de transmiterea căldurii de la ulei la apă prin pereţii serpentinei ($\alpha = 8 \ldots 120$ J/m^{2}s grad);

A — suprafaţa de schimb de căldură, m^2;

$$\theta_{med} = \frac{\theta_{ui} + \theta_{uf}}{2} - \frac{\theta_{ai} - \theta_{af}}{2} \quad [°\text{K}] \qquad (14.28)$$

diferenţa medie între temperatura uleiului şi a apei (θ_{ui} şi θ_{uf} sînt temperaturile iniţiale şi finale ale uleiului iar θ_{ai} şi θ_{af}, temperaturile iniţiale şi finale ale apei);

t — timpul, s.

Cantitatea de căldură ce trebuie evacuată din baie pentru a menţine temperatura constantă se calculează cu relaţia:

$$\theta_2 = \theta_{met} = m(c_i \theta_i - c_f \theta_f). \qquad (14.29)$$

Va trebui ca:

$$Q_1 = Q_2.$$

Deci:

$$A = \frac{m(c_i \theta_i - c_f \theta_f)}{t \theta_{med}} \quad [\text{m}^2]. \qquad (14.30)$$

Se poate apoi calcula debitul de apă necesar pentru menţinerea temperaturii uleiului între anumite limite (303—353K) şi luînd în considerare viteza de circulaţie a apei se determină dimensiunile conductei serpentinei (diametru, lungime).

Serpentina se fabrică din ţeavă de cupru şi se aşază dealungul pereţilor interiori ai recipientului, distanţa dintre spire fiind cel puţin egală cu diametrul ţevii folosite.

14.2.6.4. BĂI DE RĂCIRE MECANIZATE. Pentru răcirea pieselor încălzite în instalaţii cu acţiune continuă se folosesc băi mecanizate, care se realizează într-o gamă foarte

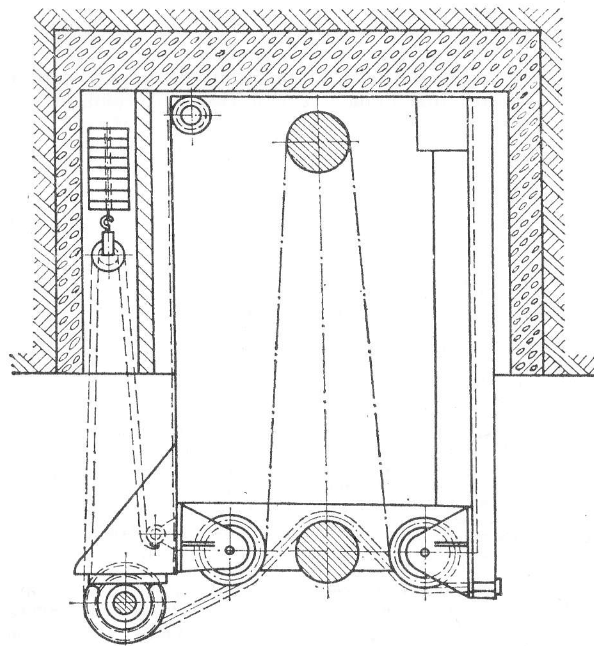


Fig. 14.39. Baie de răcire a arborilor şi ţevilor

variată. Spre ilustrare se prezintă schema de principiu ale băilor folosite pentru răcirea în poziţie orizontală a pieselor de lungime mare (fig. 14.39) sau pentru răcirea unor loturi mari de piese de dimensiuni mici (fig. 14.40).

La calculul dimensional al acestor băi se ţine seama şi de bilanţul termic dar în ultimă instanţă dimensiunile lor sînt date de cele ale dispozitivelor de evacuare a pieselor.

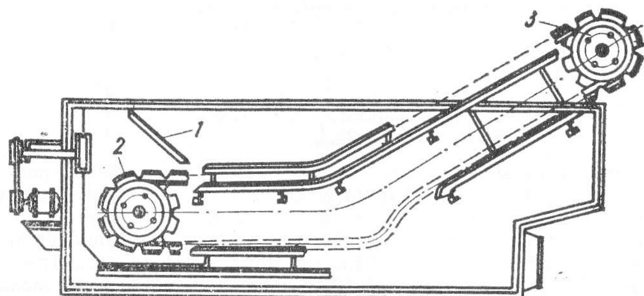


Fig. 14.40. Baie de răcire cu transportor:
1 – plan înclinat; 2 – bandă transportoare; 3 – roţi de antrenare

La băile cu transportor se recomandă ca lichidul de răcire să aibă un nivel de cel puţin 300 mm peste partea orizontală a benzii transportorului.

BIBLIOGRAFIE

1. BOLHOVITINOV, H. F. *Metallovedenie i termiceskaia obrabotka.* Moscova, Maşinostroiene, 1965.
2. BRUCE, CH. *Métallurgie physique.* Paris, Dunod, 1963.
3. COTTRELL, A. H. *Métallurgie structurale théoretique.* Paris, Dunod, 1955.
4. GULEAEV, A. P. *Tratamentul termic al oţelului* (trad. din l. rusă), Bucureşti, Editura tehnică, 1962.
5. MANTEA ŞT. ş.a. *Teoria şi practica tratamentelor termice.* Bucureşti, Editura tehnică, 1965.
6. POPOV, A. A., POPOVA, L. E. *Izotermiceskie i termocineticeskie diagrammî raspada pereohlajdennogo austenita.* Moscova, Maşghiz, 1961.
7. SOKOLOV, V. N. *Încălzirea metalului* (trad. din l. rusă). Bucureşti, Editura tehnică, 1959.
8. TRINKS, W. *Les fours industriels.* Paris, Dunod, 1957.
9. TRUŞCULESCU, M. *Tehnologia şi utilajul tratamentelor termice.* Institutul Politehnic Timişoara, 1964.
10. TRUŞCULESCU, M. ş.a. *Îndrumător. Studiul metalelor* (Tratamente termice). Institutul Politehnic Timişoara, 1969.
11. VAZACA, CR. *Încălzirea prin inducţie în joasă şi înaltă frecvenţă.* Bucureşti Editura Academie R.S.R., 1956.
12. WEVER, F. ş.a. *Atlas zur Wärmebehandlung der Stähle.* Düsseldorf, 1954, 1956, 1958.
13. * * * *Atlas of Isothermal Transformation Diagrams of B.S.En.* Steels. Londra, 1949.
14. * * * *Comptes rendus de recherches.* În: Travaux du Centre National de Recherches Métallurgiques. Bruxelles, Belgia.
15. * * * *Cercetări metalurgice.* Bucureşti, I.C.E.M., 1964–1969.
16. * * * *Mémoires scientifiques.* În: Revue de Métallurgie. Paris, 1965–1969.
17. * * * În: Revue de Métallurgie. Paris, 1963–1969.
18. * * * Studii şi cercetări de metalurgie, tom. 9, 10, 11, 12. Bucureşti, Editura Academiei.
19. MINKEVICI, A. N. *Tratamente termochimice* (traducere din l. rusă). Bucureşti, Editura tehnică, 1968.

15. COROZIUNEA ŞI PROTECŢIA MATERIALELOR METALICE

15.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Prin coroziunea metalelor se înţelege degradarea acestora sub acţiunea mediului înconjurător, adică combinarea lor cu mediul cu formare de produşi solubili sau insolubili de coroziune.

Coroziunea se datoreşte instabilităţii termodinamice a metalelor, adică tendinţei lor de a reacţiona spontan cu mediul, respectiv cu unul sau mai mulţi componenţi ai mediului.

După natura mediului, se deosebesc de obicei următoarele tipuri de coroziune:
— coroziunea în gaze;
— coroziunea în soluţii apoase de electrolit;
— coroziunea în săruri topite;
— coroziunea în lichide sau soluţii organice;
— coroziunea în metale topite

Pentru inginerul constructor de maşini, de un interes deosebit sînt cazurile de coroziune care se încadrează în primele două tipuri.

15.2. CONSIDERAŢII TEORETICE ASUPRA COROZIUNII

15.2.1. COROZIUNEA ÎN GAZE

Una din cele mai importante probleme de coroziune în gaze este oxidarea metalelor la temperatură înaltă.

Suprafaţa curată a multor metale expuse la aer se oxidează rapid, dacă reacţia respectivă de oxidare



$$Me + n/2\,O_2 \rightarrow MeO_n \qquad (15.1)$$

are loc cu scăderea energiei libere. În primul moment al interacţiunii moleculele de oxigen sînt adsorbite pe suprafaţa metalului şi concomitent scindate în atomi. După aceasta are loc unirea atomilor de oxigen cu atomii de metal şi formarea primului strat monomolecular de oxid (fig. 15.1).

Dacă pelicula de oxid formată prezintă proprietăţi protectoare, viteza de reacţie, foarte mare la început, scade repede cu timpul. La temperatura ordinară, în general, o peliculă încă invizibilă poate opri total procesul de coroziune şi metalul se comportă practic stabil în atmosfera respectivă. La o temperatură mai ridicată însă, pelicula invi-

zibilă nu mai asigură în general o protecţie satisfăcătoare, procesul de coroziune continuă, iar pelicula se îngroaşă, trecînd treptat prin diverse culori de interferenţă. La o încălzire prelungită, la temperaturi ridicate, se obţin de obicei pelicule groase de oxid.

Capacitatea de protecţie a peliculelor de oxid depinde de permeabilitatea lor pentru substanţele cu care reacţionează. O peliculă poroasă protejează, desigur, mult mai slab decît o peliculă compactă.

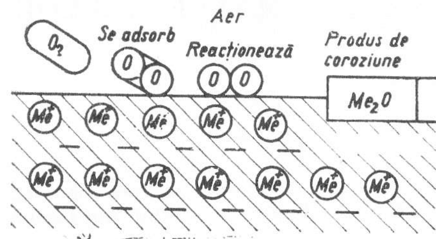


Fig. 15.1. Schema procesului de oxidare a metalelor

Porozitatea peliculelor de oxid depinde de raportul dintre volumul oxidului şi al metalului din care s-a format, dat de relaţia:

$$V_{oxid} : V_{metal} = \frac{M}{\rho_{oxid}} : \frac{nA}{\rho_{metal}} \qquad (15.2)$$

în care M şi ρ_{oxid} reprezintă masa moleculară şi densitatea oxidului, A şi ρ_{metal} — masa atomică şi densitatea metalului, iar n — numărul de atomi de metal din molecula de oxid (tabelul 15.1).

Dacă $V_{oxid} : V_{metal} < 1$, pelicula este poroasă şi nu prezintă proprietăţi protectoare. Dacă $1 < V_{oxid} : V_{metal} < 1,5$, pelicula este compactă, cu bune proprietăţi protectoare. Dacă $V_{oxid} : V_{metal} > 1,5$, pelicula este compactă, dar are tensiuni interne pronunţate.

Tabelul 15.1

Valoarea raportului $V_{oxid} : V_{metal}$ pentru cîteva metale

Metalul	Oxidul	$V_{oxid} : V_{metal}$	Proprietăţile peliculei de oxid
K	K_2O	0,41	Pelicule de oxid poroase, fără proprietăţi protectoare
Na	Na_2O	0,57	
Ca	CaO	0,64	
Ba	BaO	0,74	
Mg	MgO	0,79	
Cd	CdO	1,21	Pelicule de oxid compacte, cu proprietăţi protectoare
Al	Al_2O_3	1,24	
Pb	PbO	1,29	
Zn	ZnO	1,57	Pelicule de oxid compacte, cu proprietăţi protectoare numai la grosimi mici
Ni	NiO	1,60	
Cu	Cu_2O	1,71	
Cr	Cr_2O_3	2,03	
Fe	Fe_2O_3	2,16	
W	WO_3	3,59	

O peliculă poroasă nu poate proteja metalul de bază, din care cauză, la temperatură constantă, acesta se oxidează cu o viteză practic constantă, conform relaţiei

$$x = K_1t + K'_1 \qquad (15.3)$$

în care x reprezintă grosimea peliculei, t — timpul, iar K_1 şi K'_1 — constante.

Un caz tipic (fig. 15.2) îl constituie oxidarea magneziului la temperatură ridicată.

Dacă pelicula este compactă ar fi de aşteptat ca după formarea primului strat monomolecular oxidarea să fie complet oprită şi pelicula, neputînd să crească, să rămînă invizibilă. Experienţa arată însă că chiar şi straturi relativ groase prezintă o permeabilitate apreciabilă pentru substanţele care reacţionează, aşa că procesul de oxidare continuă.

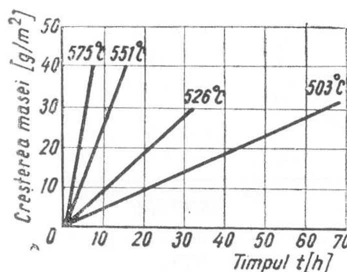


Fig. 15.2. Creşterea masei magneziului pur oxidat în oxigen pur

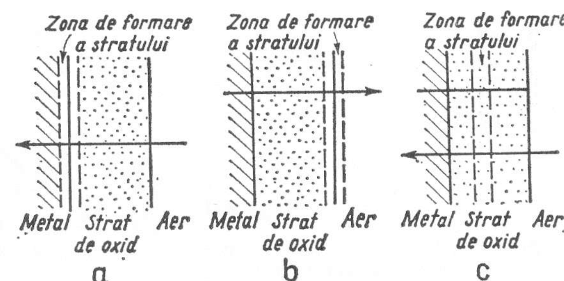


Fig. 15.3. Poziţia zonei de formare a stratului de oxid în funcţie de mecanismul de difuziune

Creşterea mai departe a stratului de oxid poate avea loc după următoarele trei scheme (fig. 15.3):

a) atomii de oxigen difuzează prin pelicula de oxid din exterior spre metal; pelicula creşte spre interior, adică la limita Me/MeO_n (fig. 15.3, *a*);

b) atomii de metal difuzează prin pelicula de oxid spre exterior; pelicula creşte spre exterior, adică la limita MeO_n/aer (fig. 15.3, *b*);

c) difuziunea atomilor de oxigen spre interior are loc concomitent cu difuziunea atomilor de metal spre exterior; în acest caz atomii de oxigen se întîlnesc cu atomii de metal undeva în interiorul peliculei de oxid, care va fi şi locul de creştere a peliculei (fig. 15.3, *c*).

Prin urmare, în cazurile cînd pelicula este compactă, hotărîtoare este difuziunea atomilor de oxigen şi metal prin peliculă. Plecînd de la legile difuziunii, se deduce pentru aceste cazuri o lege de creştere parabolică:

$$x^2 = K_2t + K'_2 \qquad (15.4)$$

în care x reprezintă grosimea peliculei, t — timpul, iar K_2 şi K'_2 — constante. Un caz tipic este oxidarea cuprului la temperatură ridicată (fig. 15.4).

Uneori, mai ales cînd sînt subţiri, peliculele pot creşte după una din legile:

$$x^3 = K_3t + K'_3 \qquad (15.5)$$

sau:

$$x = K_4 \lg(K_4' t + K_4'') \qquad (15.6)$$

în care x reprezintă grosimea peliculei, t — timpul, iar K_3, K_4, K_3', K_4' şi K_4'' — constante.

Dacă pelicula este compactă, dar $V_{oxid} : V_{metal} > 1{,}5$, tensiunile interne sînt aşa de mari încît, după atingerea unei anumite grosimi, pelicula se exfoliază şi procesul de oxidare continuă nestingherit. Aşa este cazul tipic de oxidare cu viteză neregulată a fierului (0,04% C, 0,06% Mn, 0,01% Si) în aer, la 700°C, datorită exfolierii sau fisurării peliculei de oxid (fig. 15.5).

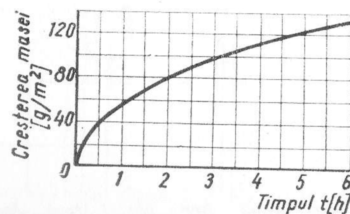


Fig. 15.4. Creşterea masei cuprului pur oxidat în aer la 800°C

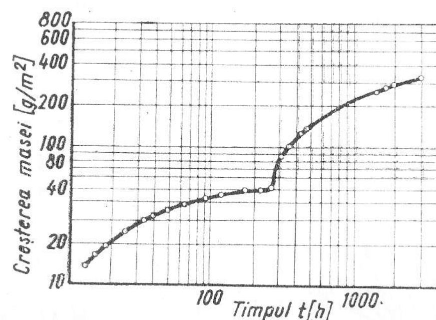


Fig. 15.5. Creşterea masei fierului oxidat în aer la 700°C

15.2.2. COROZIUNEA ÎN SOLUŢII APOASE DE ELECTROLIT

Coroziunea în soluţii de electrolit este un proces electrochimic. În zonele anodice atomii metalului părăsesc reţeaua metalică şi trec în soluţie în stare de ioni, sau sînt convertiţi într-un compus insolubil al metalului.

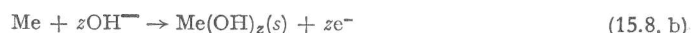
15.2.2.1. TERMODINAMICA PROCESELOR DE COROZIUNE. În absenţa unui ion complexant sau precipitant, altul decît ionul OH^-, procesul anodic poate fi reprezentat prin una din reacţiile de electrod:



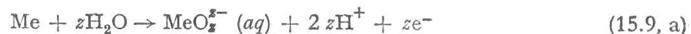
$$Me \rightarrow Me^{z+}\,(aq) + ze^- \qquad (15.7)$$



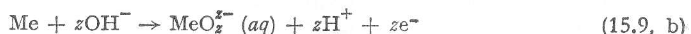
$$Me + zH_2O \rightarrow Me(OH)_z(s) + zH^+ + ze^- \qquad (15.8,\ a)$$



$$Me + zOH^- \rightarrow Me(OH)_z(s) + ze^- \qquad (15.8,\ b)$$



$$Me + zH_2O \rightarrow MeO_z^{z-}\,(aq) + 2\,zH^+ + ze^- \qquad (15.9,\ a)$$



$$Me + zOH^- \rightarrow MeO_z^{z-}\,(aq) + zH^+ + ze^- \qquad (15.9,\ b)$$

în care cu aq s-au notat produşii solubili, cu s — produşii greu solubili, iar cu z — valenţa ionului de metal.

Excesul de electroni care rezultă din reacţia anodică încarcă negativ metalul şi procesul anodic nu poate continua decît dacă pe suprafaţa metalului poate avea loc un proces catodic cuplat care să consume integral electronii puşi în libertate de una din reacţiile (15.7) — (15.9).

În soluţii apoase care sînt în contact cu atmosfera, procesul catodic cuplat poate fi reducerea ionilor de hidrogen



$$2\,H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \qquad (15.10)$$

sau reducerea oxigenului dizolvat



$$1/2\,O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2\,OH^- \qquad (15.11)$$

În primul caz se vorbeşte de „coroziune cu depolarizare cu hidrogen" iar în al doilea caz de „coroziune cu depolarizare cu oxigen".

Astfel, de exemplu, la dizolvarea unui metal mai puţin nobil (cu potenţial standard mai negativ) decît hidrogenul într-un acid neoxidant (fig. 15.6), cele două reacţii cuplate sînt redate prin ecuaţiile (15.7) şi (15.10), iar reacţia globală prin ecuaţia:



$$Me + 2H^+ \rightarrow Me^{z+} + H_2 \qquad (15.12)$$

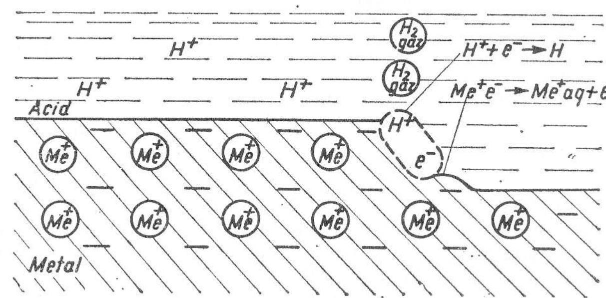


Fig. 15.6. Schema coroziunii unui metal cu depolarizare cu hidrogen

Uneori „depolarizantul", substanţa ce se reduce catodic, poate fi şi un alt oxidant Ox prezent întîmplător în soluţie, ca de exemplu HNO_3, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, KNO_3 etc. Reducerea lui poate fi reprezentată prin reacţia de electrod:



$$Ox + ze^- \rightarrow Red \qquad (15.13)$$

în care prin Ox s-a notat forma oxidată, iar cu Red — forma redusă a substanţei.

Din punct de vedere electrochimic cele două reacţii cuplate nu pot avea loc decît dacă potenţialul de echilibru al procesului anodic de dizolvare a metalului este mai negativ decît potenţialul de echilibru al procesului catodic cuplat:

$$\varepsilon_{Me} < \varepsilon_c \tag{15.14}$$

în care ε_c reprezintă la procesele de coroziune cu depolarizare cu hidrogen, potenţialul de echilibru ε_{H_2} al electrodului de hidrogen, iar la procesele cu depolarizare cu oxigen, potenţialul de echilibru ε_{O_2} al electrodului de oxigen.

Potenţialul de echilibru al electrodului de hidrogen este redat de relaţia

$$\varepsilon_{H_2} = -\,0{,}059\,pH - 0{,}029 \lg p_{H_2} \tag{15.15}$$

iar cel al electrodului de oxigen prin relaţia

$$\varepsilon_{O_2} = 1{,}23 - 0{,}059\,pH + 0{,}014 \lg P_{O_2} \tag{15.16}$$

Şi potenţialele de echilibru ale proceselor (15.7) — (15.9) au fost măsurate sau calculate.

Echilibrul dintre un metal şi soluţia produşilor săi de coroziune este redat sugestiv de „diagrama de echilibru electrochimic".

Fig. 15.7 redă o astfel de diagramă, într-o formă simplificată, pentru zinc. În diagramă sînt trecute, pentru o activitate a ionilor Zn^{2+} şi $HZnO_2^-$ egală cu 10^{-6} mol/l şi pentru presiunea de 1,013 daN/cm², valorile potenţialului de echilibru al electrozilor Zn/Zn^{2+}, $Zn/Zn(OH)_2 \cdot OH^-$, $Zn/HZnO_2^-$, H_2/H^+ şi OH^-/O_2, în funcţie de pH-ul soluţiei, precum şi valorile pH-ului la echilibrul dintre Zn^{2+}, respectiv $HZnO_2^-$ şi $Zn(OH)_2$. Diferenţa $(\varepsilon_{Me} - \varepsilon_{H_2})$, respectiv $(\varepsilon_{Me} - \varepsilon_{O_2})$, este o măsură a instabilităţii termodinamice la un pH dat, în absenţa, respectiv în prezenţa oxigenului.

Săgeţile 7, 8 şi 9 din figură indică reacţiile reprezentate prin ecuaţiile (15.7) — (15.9). Se vede că la pH-uri scăzute, deci în soluţii puternic acide, zincul se corodează conform ecuaţiei (15.7), cu formare de cationi solubili de Zn^{2+}; la pH-uri ridicate, deci în soluţii puternic alcaline, zincul se corodează conform ecuaţiei (15.9), cu formare de anioni solubili $HZnO_2^-$; la valori intermediare ale pH-ului se formează hidroxid de zinc, $Zn(OH)_2$, conform ecuaţiei (15.8), care, fiind greu solubil, formează pe suprafaţa metalului o peliculă protectoare şi, în consecinţă, zincul tinde să treacă în stare pasivă. Trebuie menţionat că eficacitatea peliculelor formate din produşi greu solubili în prevenirea coroziunii depinde de structura lor cristalină şi de proprietăţile lor mecanice, în special de adeziunea şi compactitatea lor.

În diagramă se disting două zone, menţionate prin „imunitate" şi „pasivitate", în care nu are loc coroziunea. Există însă o mare diferenţă între aceste două zone. În zona „imunitate" coroziunea nu poate avea loc din motive termodinamice, în timp ce în zona „pasivitate" coroziunea este posibilă termodinamic, dar este împiedecată de pelicula de hidroxid, care posedă proprietăţi fizice şi mecanice corespunzătoare unei pelicule pasivizatoare.

În fig. 15.8 se dă diagrama de echilibru electrochimic (într-o formă simplificată) pentru fier. Din diagramă se vede că pînă la $pH \approx 9{,}5$ fierul se corodează conform reacţiei (15.7), cu formare de cationi solubili de Fe^{2+} sau Fe^{3+}, în funcţie de potenţialul electrodului; la $pH > 12$ fierul se corodează conform reacţiei (15.9) cu formare de ferat (II) alcalin; la valori intermediare ale pH-ului se formează $Fe(OH)_2$, Fe_3O_4 sau Fe_2O_3,

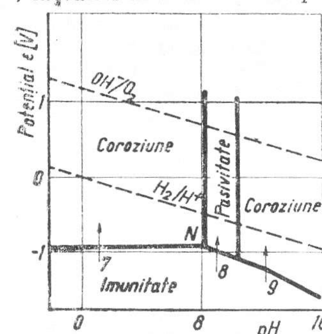


Fig. 15.7. Diagrama simplificată de echilibru electrochimic a zincului

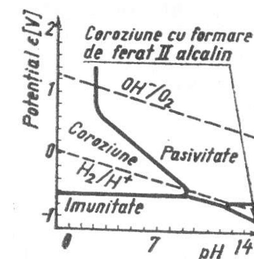


Fig. 15.8. Diagrama simplificată de echilibru electrochimic a fierului

în funcţie de potenţialul electrodului, şi în consecinţă fierul tinde să treacă în stare pasivă.

15.2.2.2. CINETICA PROCESELOR DE COROZIUNE. În problemele practice de coroziune nu este atît de importantă cunoaşterea posibilităţii teoretice de desfăşurare a procesului, cît cunoaşterea vitezelor reale cu care se desfăşoară acesta. Dacă procesul de coroziune este posibil, dar are loc cu o viteză foarte mică, pierderile de metal pot fi neglijabile şi metalul poate fi considerat ca rezistent la coroziune.

Viteza de coroziune se exprimă prin masa de metal distrus pe unitate de suprafaţă în unitate de timp, sau prin adîncimea la care au ajuns deteriorările în unitate de timp. Mărimile sînt exprimate, de obicei, în g/m² · h sau, respectiv, în mm/an.

În practică se consideră că un metal cu densitatea 7 000 . . . 8 000 kg/m³ care se dizolvă cu o viteză de 0,1 g/m² · h este foarte rezistent la coroziune. O viteză de zece ori mai mare, adică de 1 g/m² · h reprezintă o rezistenţă la coroziune încă acceptabilă, iar dacă viteza depăşeşte această valoare, rezistenţa este nesatisfăcătoare. Desigur, în funcţie de cazul concret urmărit, aceste limite pot fi deplasate spre valori mai mici sau mai mari ale vitezelor de coroziune.

Deoarece procesul anodic de dizolvare a metalului sau de convertire a lui într-un produs greu solubil nu poate avea loc decît concomitent cu un proces catodic cuplat, viteza de coroziune va fi determinată de viteza procesului cel mai lent. Dacă procesul catodic determină viteza, atunci se vorbeşte de un „control catodic", iar dacă cel anodic determină viteza, se vorbeşte de un „control anodic" al procesului de coroziune.

Procesele anodice şi catodice sînt localizate de obicei pe porţiuni diferite ale suprafeţei metalului. Uneori însă ele au loc consecutiv în acelaşi punct al suprafeţei, fără vreo diferenţiere spaţială a zonelor anodice şi catodice. În primul caz se vorbeşte de „coroziune eterogenă", iar în al doilea, cînd procesele anodice şi catodice sînt repartizate statistic pe toată suprafaţa metalului, se vorbeşte de „coroziune omogenă".

Coroziunea omogenă. Un exemplu de coroziune omogenă este dizolvarea unui metal mai puţin nobil decît hidrogenul într-o soluţie acidă în care caz pe suprafaţa metalului vor avea loc concomitent reacţiile (15.7) şi (15.10).

La trecerea din reţeaua metalică în soluţie, conform reacţiei (15.7), ionii de metal transportă cu ei o cantitate de electricitate corespunzătoare sarcinii lor electrice. Cantitatea de electricitate ce trece de pe metal în soluţie, în unitate de timp şi prin unitate de suprafaţă de electrod, se numeşte „densitate de curent anodică parţială" şi se notează de obicei cu j_+. Desigur, acest curent este o măsură a vitezei de dizolvare a metalului. În mod analog cantitatea de electricitate ce trece din soluţie pe metal, în unitate de timp şi prin unitate de suprafaţă de electrod, concomitent cu descărcarea hidrogenului, se numeşte „densitate de curent catodică parţială" şi se notează de obicei cu j_-

Deoarece procesele de coroziune omogenă au loc fără trecerea unui curent electric exterior, cele două densităţi de curent parţiale trebuie să fie egale între ele,

$$j_+ = j_-, \quad (15.17)$$

şi egale la rîndul lor cu valoarea „densităţii curentului de coroziune" j_c.

Pe metalul care se corodează omogen se stabileşte o valoare staţionară a potenţialului, ε_c „potenţial de coroziune", intermediară valorii potenţialului de echilibru al metalului şi al electrodului de hidrogen.

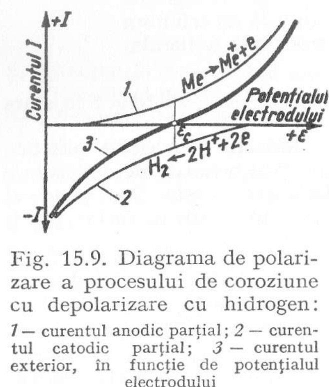


Fig. 15.9. Diagrama de polarizare a procesului de coroziune cu depolarizare cu hidrogen: *1* — curentul anodic parţial; *2* — curentul catodic parţial; *3* — curentul exterior, în funcţie de potenţialul electrodului

Valoarea potenţialului de coroziune, ε_c, şi cea a curentului de coroziune, j_c, pot fi determinate cel mai simplu grafic, cu ajutorul diagramelor de polarizare.

La polarizarea unui metal care se corodează cu depolarizare cu hidrogen (fig. 15.9), pe ordonată sînt trecute valorile curentului anodic şi catodic parţial, pe abscisă potenţialul electrodului, adică al metalului care se corodează. Curba anodică parţială redă dependenţa vitezei de dizolvare a metalului, iar cea catodică parţială dependenţa vitezei de descărcare a hidrogenului, în funcţie de potenţialul electrodului. Potenţialul de coroziune ε_c va avea acea valoare la care densităţile de curent parţiale vor fi egale între ele. Valoarea comună a densităţilor de curent parţiale la potenţialul de coroziune este egală cu densitatea curentului de coroziune căutată.

Desigur curba de polarizare catodică poate reprezenta nu numai reducerea ionilor de hidrogen, ci şi reducerea oxigenului sau a unui alt oxidant dizolvat în soluţie.

Poziţia şi forma celor două curbe de polarizare pot varia între limite largi, în funcţie de cele două procese cuplate.

Coroziunea eterogenă. Majoritatea cazurilor practice de coroziune constituie efectul unor procese care au loc cu o diferenţiere spaţială a zonelor anodice şi catodice, adică a funcţionării aşa numitelor „elemente locale".

După mărimea electrozilor, elementele locale pot fi clasificate în două grupe: a) macroelemente, care sînt elemente de coroziune a căror electrozi se pot distinge cu ochiul liber şi b) microelemente care sînt elemente de coroziune a căror electrozi sînt de dimensiuni microscopice.

Principial nu există vreo diferenţă între un microelement şi un element galvanic obişnuit. Fig. 15.10, *a* reprezintă modelul unui element galvanic obişnuit. Dacă se roteşte unul dintre electrozi cu 180° şi, în locul conductorului exterior, se stabileşte contactul prin atingerea directă a celor două metale, atunci se obţine modelul macroelementului

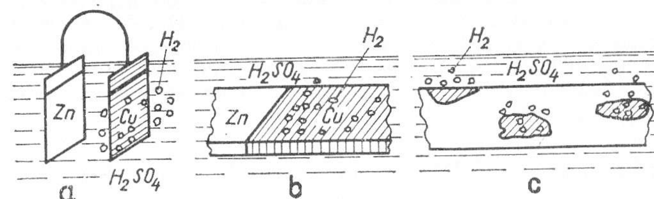


Fig. 15.10. Modelul de transformare a unui element galvanic obişnuit într-un microelement

din fig. 15.10, *b*. Micşorînd suprafaţa electrozilor şi considerînd suprafaţa lor neregulată, se obţine modelul microelementelor din fig. 15.10, *c*.

Adeseori suprafaţa metalului care se corodează este o combinaţie de macro şi microelemente. Fig. 15.11 redă schematic un astfel de caz.

După natura lor, elementele locale pot fi împărţite în următoarele grupe:

a) elemente ai căror electrozi diferă prin compoziţia lor chimică, de exemplu duraluminiul cu microelectrozii Al-$CuAl_2$; b) elemente ai căror electrozi au aceeaşi compoziţie chimică, dar diferă prin proprietăţile lor fizice, ca de exemplu, aluminiu prelucrat mecanic — aluminiu tratat termic; c) elemente care apar în urma diferenţei proprietăţilor peliculei de protecţie pe diferite sectoare ale metalului; astfel de elemente locale pot să apară, de exemplu, pe suprafaţa fierului sau a aluminiului; d) elemente care apar în urma diferenţelor în compoziţia electrolitului la zona de atingere cu suprafaţa metalului; cazul cel mai tipic este coroziunea prin aeraţie diferenţială, în urma vitezei diferite de difuziune a oxigenului spre diferite zone ale suprafeţei metalului şi cînd zona mai aerată funcţionează drept catod, iar zona neaerată drept anod.

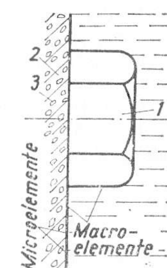


Fig. 15.11. Reprezentarea schematică a unei combinaţii de macro şi microelement: *1* — cupru; *2* — duraluminiu; *3* — $CuAl_2$

Existenţa unor neomogenităţi pe suprafaţa metalului, indiferent de natura lor, are totdeauna ca efect accelerarea considerabilă a coroziunii.

Pe baza modelului microelementului reprezentat în fig. 15.10, *c*, se poate deduce următoarea relaţie semicantitativă pentru viteza procesului de coroziune:

$$\frac{dc}{dt} = \frac{nfk}{A} (\varepsilon_c - \varepsilon_a + \eta_c - \eta_a) \quad (15.18)$$

în care n este numărul de microelemente pe unitatea de suprafaţă de metal, f — echivalentul electrochimic al metalului, k — conductibilitatea specifică a soluţiei de electrolit, ε_c şi ε_a — potenţialele de echilibru catodic şi anodic, η_c şi η_a — supratensiunile catodică

şi anodică, iar A — un coeficient care depinde de forma, dimensiunile şi aşezarea microelementelor.

Relaţia (15.18) arată că viteza de coroziune creşte o dată cu creşterea numărului n de microelemente pe unitatea de suprafaţă, adică ea este cu atît mai mare cu cît metalul este mai impur. Ea creşte de asemenea cu creşterea conductibilităţii specifice k a soluţiei de electrolit şi cu creşterea diferenţei de potenţial dintre cei doi electrozi. Prin urmare viteza de coroziune este cu atît mai mare cu cît metalul este mai puţin nobil şi cu cît potenţialul catodic cuplat se desfăşoară la un potenţial mai pozitiv.

Factorii care reduc polarizările η_c şi η_a, ca de exemplu creşterea temperaturii, măresc de asemenea viteza procesului de coroziune.

15.3. METODE DE PROTECŢIE ANTICOROSIVĂ

Pe baza cunoaşterii mecanismului proceselor de coroziune şi a influenţei diferiţilor factori asupra vitezei lor s-au putut elabora cîteva metode deosebit de eficace de protecţie împotriva coroziunii, adaptate la tipul de coroziune şi la condiţiile concrete în care se desfăşoară.

15.3.1. PROTECŢIA METALELOR ÎMPOTRIVA OXIDĂRII LA TEMPERATURĂ ÎNALTĂ

Dintre metodele de protecţie ale metalelor împotriva oxidării la temperatură înaltă, cele mai importante sînt:

a) alierea metalului;
b) acoperirile metalice;
c) acoperirile nemetalice.

15.3.1.1. ALIEREA METALULUI. Mărirea rezistenţei la oxidare a unui metal se poate realiza în primul rînd prin alierea lui cu un component adecvat. Uneori concentraţii relativ scăzute ale componentului de aliere reduc deja considerabil viteza de oxidare. Astfel aluminiul în cupru (fig. 15.12) sau siliciul şi cromul în fier, chiar în concentraţii de 1—2%, măresc sensibil rezistenţa aliajului la oxidare.

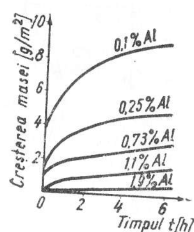


Fig. 15.12. Creşterea masei cuprului cu conţinut diferit de aluminiu oxidat în aer la 775°C

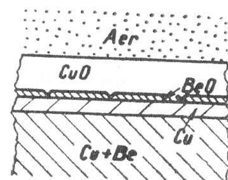


Fig. 15.13. Secţiune prin pelicula de oxid format pe cupru aliat cu beriliu

Influenţa componentului de aliere asupra vitezei de oxidare este complexă. Ea se bazează de multe ori pe formarea unui strat intern foarte bogat în oxidul componentului de aliere (fig. 15.13) care constituie o importantă barieră în calea difuziunii reactanţilor.

Tabelul 15.2 redă viteza de oxidare a cîtorva metale şi aliaje.

15.3.1.2. ACOPERIRILE METALICE. Rezultate excelente în protejarea metalelor împotriva oxidării la temperaturi înalte se pot obţine şi prin acoperirea lor cu alte metale rezistente la oxidare. Astfel, de exemplu, oţelul acoperit cu aluminiu rezistă la

temperatura de 480°C fără să-şi modifice culoarea. Peste această temperatură ia naştere un strat refractar de culoare gri-închisă, format dintr-un aliaj de aluminiu-fier, care protejează foarte bine metalul de bază pînă la temperatura de 800°C, iar pentru un timp mai scurt chiar la temperatura de 950°C.

15.3.1.3. ACOPERIRILE NEMETALICE. Şi acoperirea metalului cu straturi protectoare nemetalice dă de multe ori rezultate satisfăcătoare. Astfel, de exemplu, acoperirea oţelului cu un email refractar îl protejează pînă la temperaturi de 700—800°C.

Tabelul 15.2

Viteze de oxidare a unor metale şi aliaje la diferite temperaturi

Materialul	Creşterea masei, g/m²·h		
	700°C	800°C	0°C
Fier pur	21,2	25,4	51,6
Oţel moale	4,1	12,5	34,5
Nichel	0,41	0,41	1,2
Crom	0,20	0,41	0,83
Oţel cu 37% Ni	1,7	4,1	5,8
Oţel cu 8% Cr şi 3% Ni	0,12	0,83	0,83
Oţel cu 13% Cr	0,08	0,83	1,2
Oţel cu 19% Cr	0,25	0,29	0,83
Oţel cu 18% Cr şi 8% Ni	0,41	0,41	1,2

15.3.2. PROTECŢIA METALELOR ÎMPOTRIVA COROZIUNII ÎN SOLUŢII APOASE DE ELECTROLIT

Dintre metodele de protecţie ale metalelor împotriva coroziunii în soluţii apoase de electrolit cele mai importante sînt: a) alierea metalului; b) utilizarea inhibitorilor de coroziune; c) metode electrochimice de protecţie; d) acoperirile metalice; e) acoperirile nemetalice.

15.3.2.1. ALIEREA METALULUI. Mărirea rezistenţei la coroziune a unui metal se poate realiza fie prin mărirea stabilităţii sale termodinamice, prin alierea lui cu un metal mai nobil, fie prin accentuarea tendinţei sale spre pasivizare, prin alierea lui cu un component protector.

Dintre aliajele rezistente la coroziune o importanţă deosebită o prezintă oţelurile inoxidabile. Principalele lor elemente de aliere sînt cromul şi nichelul.

Cromul, deşi din punct de vedere termodinamic este mai puţin nobil ca şi fierul, datorită efectului de pasivizare asigură oţelului o rezistenţă superioară în medii oxidante. Influenţa favorabilă a cromului se manifestă numai începînd de la concentraţii de 12—13%.

Nichelul, mai nobil decît fierul, se adaugă oţelului în scopul asigurării rezistenţei sale şi faţă de medii reducătoare. În afară de aceasta îmbunătăţeşte proprietăţile mecanice şi tehnologice ale oţelului.

Titanul şi niobiul se adaugă oţelurilor inoxidabile cu scopul de a lega carbonul în carburi stabile de Ti sau Nb şi de a evita astfel formarea de carbură de crom şi scăderea concentraţiei cromului sub 12—13%.

Molibdenul se adaugă pentru a asigura rezistenţa de coroziune faţă de ionul clor şi rezistenţa la temperaturi înalte.

Tabelul 15.3 redă viteza de coroziune în condiţii atmosferice a unor metale şi aliaje, între care şi a cîtorva oţeluri inoxidabile.

Tabelul 15.3

Viteza de coroziune a unor metale şi aliaje în condiţii atmosferice

Materialul	Pierdere în masă timp de 2 ani, g/m²	Pierdere în masă timp de 5 ani, g/m²
Oţel moale	1500	3700
Oţel cu 13,5% Cr	115	270
Oţel cu 18% Cr	—	135
Oţel cu 30% Cr	—	70
Oţel cu 12% Cr şi 12% Ni	45	160
Oţel cu 18% Cr şi 8% Mn	55	165
Oţel cu 18% Cr şi 8% Ni	25	85
Oţel cu 18% Cr, 8% Ni şi 0,6% Ti	20	70
Oţel cu 18% Cr, 8% Ni şi 2,5% Mo	1	1
Oţel cu 25% Cr şi 20% Ni	20	80
Aluminiu	—	165
Bronz fosforos	—	200
Zinc	—	385
54/44 Cu Ni	—	440

15.3.2.2. UTILIZAREA INHIBITORILOR DE COROZIUNE. Inhibitorii de coroziune sînt substanţe care adăugate mediului, adică soluţiei de electrolit, frînează procesul de coroziune. Ei pot fi împărţiţi în trei categorii mari: a) inhibitori anodici, care frînează procesul anodic de dizolvare a metalului prin formarea unor pelicule protectoare; b) inhibitori catodici, care frînează procesul catodic prin mărirea supratensiunii; c) inhibitorii de adsorbţie, combinaţii organice cu grupe puternic polare, care duc la formarea de straturi de adsorbţie pe suprafaţa metalului.

Din prima grupă fac parte oxidanţii puternici, ca nitriţii sau cromaţii, care trec metalul în stare pasivă, sau anumiţi anioni, ca fosfaţii sau wolframaţii, care precipită ionii ce se dizolvă şi formează astfel pelicule aderente şi compacte. În cazul cînd inhibitorul anodic se găseşte în cantitate insuficientă ca să formeze pelicula compactă, în locurile neacoperite coroziunea este deosebit de intensă. De aceea inhibitorii anodici în concentraţii insuficiente sînt deosebit de periculoşi.

Din a doua grupă fac parte combinaţii ale zincului, nichelului, magneziului sau calciului, precum şi combinaţii ale arsenului, antimoniului sau mercurului. Primii dintre aceştia acţionează prin aceea că formează pe zonele catodice combinaţii greu solubile şi izolează astfel catodul de soluţia de electrolit, iar ultimii prin aceea că se reduc la metal pe zonele catodice, mărind supratensiunea hidrogenului. În ambele cazuri procesul catodic este mult frînat. În fig. 15.14 se arată influenţa inhibitorului asupra curbei de polarizare catodică şi implicit asupra vitezei de coroziune.

În absenţa inhibitorului, procesul catodic este reprezentat prin curba *1*, iar potenţialul de coroziune este $1\,\varepsilon_c$. În prezenţa inhibitorului polarizarea catodică va fi mai mare, reprezentată prin curba *2*, iar potenţialul de coroziune $2\,\varepsilon_c$. Din figură se vede că în acest al doilea caz viteza de coroziune este mai mică.

Spre deosebire de inhibitorii anodici, cei catodici nu sînt periculoşi. Adăugaţi în cantitate insuficientă, în cel mai rău caz, nu frînează suficient coroziunea, dar, în nici un caz, nu o accelerează.

Inhibitorii de adsorbţie sînt substanţe superficial active, de obicei combinaţii organice cu O, N şi S, ca de exemplu amine, amide, imide, imine, mercaptani etc. Ei acţionează prin aceea că se adsorb pe suprafaţa metalului şi frînează ambele procese de electrod, dar în special procesul catodic de descărcare a hidrogenului. De aceea ei se utilizează în primul rînd pentru frînarea dizolvării metalelor în medii puternic acide, de exemplu la decapare, fiind foarte eficace, chiar în cantităţi foarte mici, de zecimi sau sutimi de procente.

15.3.2.3. METODE ELECTROCHIMICE DE PROTECŢIE. Principiul protecţiei electrochimice constă în polarizarea construcţiei sau instalaţiei de protejat la un potenţial la care procesul de coroziune este oprit, sau în orice caz puternic frînat.

De obicei sistemul protejat este polarizat catodic pînă la un potenţial la care metalul încetează de a se mai coroda (domeniul de imunitate). Polarizarea catodică poate fi realizată fie cu ajutorul unei surse exterioare de curent, fie prin legarea sistemului protejat de un electrod cu potenţial puternic negativ cu care acesta formează un element local şi în care el funcţionează drept catod. Primul procedeu este denumit „protecţie catodică cu curent exterior", iar al doilea „protecţie catodică cu anod protector".

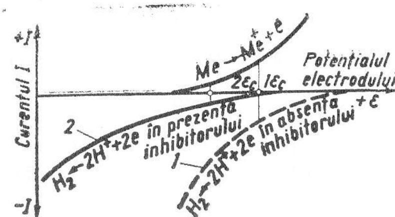


Fig. 15.14. Influenţa inhibitorilor care măresc supratensiunea hidrogenului asupra coroziunii metalului şi asupra potenţialului de coroziune

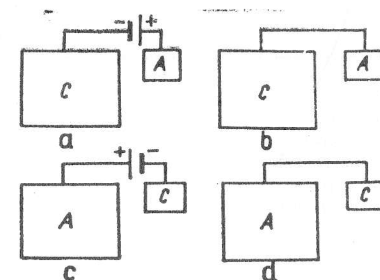


Fig. 15.15. Schema de principiu a protecţiilor electrochimice:

a — protecţia catodică cu sursă exterioară de curent; *b* — protecţia catodică cu anod protector; *c* — protecţia anodică cu sursă exterioară de curent; *d* — protecţia anodică cu catod protector

Dacă metalul protejat are tendinţă spre pasivizare, atunci mult mai indicată este polarizarea lui anodică pînă la un potenţial la care trece în stare pasivă. Aceasta se realizează de asemenea fie cu un curent exterior, fie prin legarea sistemului protejat de un electrod cu potenţial puternic pozitiv, faţă de care să funcţioneze drept anod. Denumirea celor două procedee este „protecţia anodică cu curent exterior" şi „protecţia anodică cu catod protector". Fig. 15.15 redă schematic principiul celor patru variante de protecţie electrochimică.

Protecţia catodică se utilizează de obicei la protecţia unor instalaţii metalice montate în sol sau în apă.

Fig. 15.16 redă schema de principiu a aplicării protecţiei catodice cu sursă exterioară de curent în cazul unei conducte îngropate în pămînt. De la polul pozitiv al sursei *1* curentul continuu trece prin conductorul *2* şi ajunge la anodul auxiliar *3*, de la care trece apoi în sol. Din sol, prin locurile defecte ale izolaţiei *4* curentul ajunge la ţeava *5*, se îndreaptă spre locul de drenaj *6*, de unde, prin conductorul *7*, se întoarce la polul negativ al sursei de curent. În cazul de faţă prin protecţie catodică sînt protejate zonele de pe suprafaţa conductei unde izolaţia nu este eficace.

Anozii folosiţi la protecţia catodică cu sursă exterioară de curent sînt de obicei din oţel sau grafit.

Experienţa a arătat că pentru protejarea fierului este suficientă deplasarea potenţialului la o valoare $\varepsilon < -0{,}53$ V (faţă de electrodul normal de hidrogen), iar pentru protejarea plumbului la o valoare $\varepsilon < -0{,}23$ V.

Tabelul 15.4

Valorile curentului catodic de protecţie pentru instalaţii de oţel, în diverse medii

Mediul	Densitatea curentului catodic de protecţie, mA/m²	Mediul	Densitatea curentului catodic de protecţie mA/m²
Sol uscat	5—15	Apă proaspătă staţionară	50
Sol umed	25—60	Apă proaspătă curgătoare	50—60
Sol puternic acid	50—150	Apă proaspătă turbulentă care conţine mult oxigen	50—150
Conducte încălzite, în sol	50—250	Apă caldă	50—150
Beton uscat	5—15	Apă reziduală	500—1500
Beton umed	50—250	Apă de mare	50—250

Pentru asigurarea acestui potenţial este necesară o densitate de curent catodică minimă. Tabelul 15.4 redă valoarea curentului catodic de protecţie în diverse medii pentru instalaţii de oţel.

La protecţia catodică cu anod protector drept anod se utilizează de obicei magneziu sau zinc, mai rar aliaje de aluminiu.

Fig. 15.17 redă schema de principiu a aplicării protecţiei catodice cu anod protector în cazul unui cablu îngropat în pămînt.

Protecţia anodică s-a dovedit deosebit de utilă la protejarea oţelurilor inoxidabile împotriva coroziunii în soluţii de acid sulfuric. În acest mediu potenţialul oţelului inoxi-

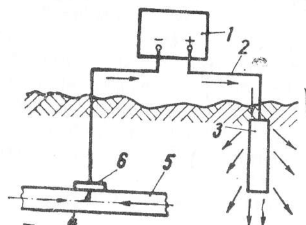


Fig. 15.16. Schema de principiu a protecţiei catodice cu sursă exterioară de curent a unei conducte îngropate:
1 — sursă de curent; *2* — conductor; *3* — anod; *4* — zonă de conductă cu izolaţie defectă; *5* — conductă; *6* — loc de drenaj; *7* — conductor

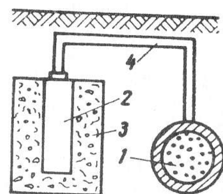


Fig. 15.17. Schema de principiu a protecţiei catodice cu anod protector a unui cablu îngropat:
1 — cablu; *2* — anod protector; *3* — material de umplutură; *4* — conductor izolat

dabil 18—8 Cr-Ni trebuie să aibă valori cuprinse între +0,5 şi +1,0 V faţă de electrodul normal de hidrogen.

15.3.2.4. ACOPERIRILE METALICE. Acoperirile metalice pot fi realizate pe diverse căi:

— pe cale galvanică;
— pe cale termică, care poate fi la rîndul ei prin cufundare în metal topit, prin pulverizare, prin difuziune etc.;
— prin placare.

Aceste acoperiri, cu excepţia celor obţinute prin placare, prezintă de obicei o porozitate mai mult sau mai puţin pronunţată. De aceea acoperirile metalice nu pot izola complet metalul de bază de mediul coroziv, putînd apărea elemente locale, cu toate consecinţele lor.

Trebuie deosebite două cazuri distincte, după cum potenţialul metalului acoperitor, în mediul corosiv respectiv, este mai pozitiv sau mai negativ decît potenţialul metalului de bază, adică după cum el funcţionează drept catod (pozitiv) sau anod (negativ) în elementul local format.

Dacă metalul acoperitor este mai nobil (are potenţialul de echilibru mai pozitiv) decît metalul de bază, atunci în cazul unor discontinuităţi, metalul de bază este anod şi se dizolvă. Cu toate acestea, datorită proprietăţilor lor decorative deosebite, acoperirile catodice de nichel sau crom se folosesc pe scară largă. Aceste metale prezintă o rezistenţă la coroziune proprie excelentă, datorită tendinţei lor accentuate spre pasivizare, din care cauză în condiţii atmosferice îşi păstrează mult timp luciul. Dacă metalul de protecţie are o rezistenţă la coroziune proprie ridicată, rezistenţa la coroziune a obiectului protejat este determinată în primul rînd de porozitatea acoperirii metalice, din care cauză se caută ca aceasta să fie cît mai scăzută.

Dacă metalul de protecţie este mai puţin nobil (are potenţialul de echilibru mai negativ) decît metalul de bază, ca de exemplu, zinc, cadmiu şi aluminiu pe fier şi oţel sau staniu pe cupru sau aliaje de cupru, atunci în cazul formării unui element local metalul acoperitor este anod şi se dizolvă, iar metalul de bază catod. În acest caz potenţialul metalului de bază se deplasează spre valori atît de negative încît dizolvarea încetează, ca şi în cazul protecţiei electrochimice cu anod protector.

În cazul acoperirilor anodice, porozitatea depozitelor are un rol secundar, deoarece pe principiul protecţiei electrochimice în timp ce se dizolvă anodic ele protejează metalul descoperit.

Tabelul 15.5 redă viteza de coroziune a fierului şi zincului în diverse tipuri de atmosferă, precum şi eficacitatea unor acoperiri de zinc.

Tabelul 15.5

Viteza de coroziune a fierului şi zincului în diferite tipuri de atmosferă şi durata evaluată a eficacităţii unui strat de zinc de 600 g/m² pe fier

Tipul de atmosferă	Viteza de coroziune, mm/an		Durata evaluată a eficacităţii, ani
	Fier pur	Zinc	
Uscată tropicală	0,0	0,00025	300
Uscată subtropicală	0,0076	0,00025	300
Sub-polară	0,0025	0,00025	300
Marină-tropicală	0,020	0,00076	100
Rurală	0,056	0,0023	34
Marină	0,12	0,0033	23
Industrială	0,12	0,015	5
Tunel de cale ferată	0,063	0,074	1

15.3.2.5. ACOPERIRILE NEMETALICE. Acoperirile nemetalice pot fi anorganice sau organice.

Una din cele mai folosite metode de a proteja o suprafaţă metalică constă în corodarea ei artificială în astfel de condiţii încît produşii de coroziune să formeze o peliculă compactă şi aderentă.

Astfel, la tratarea anodică a aluminiului şi a aliajelor sale într-un electrolit adecvat (acid sulfuric, cromic sau oxalic) pe suprafaţa metalului se formează un strat compact şi aderent de oxid, cu bune proprietăţi protectoare. Procedeul poartă denumirea de „eloxare".

Dacă electrolitul conţine fosfat solubil sau acid fosforic, pe suprafaţa metalului se formează o peliculă deosebit de aderentă de fosfaţi. Acest procedeu denumit „fosfatare", ce poate fi efectuat cu sau fără curent exterior, a găsit largi aplicaţii la oţel şi fier, dar poate fi aplicat şi la zinc, cadmiu sau aluminiu.

Alte pelicule protectoare anorganice pot fi obţinute prin tratarea metalului cu un oxidant adecvat, ca de exemplu nitrat (brunare) sau cromat (cromatare).

Dintre acoperirile organice trebuie amintite în primul rînd vopselele, lacurile, unsorile, uleiurile, precum şi acoperirile de asfalt sau bitum. Rolul lor principal este de a feri metalul cît mai mult posibil de apă, respectiv umezeală, indispensabilă funcţionării elementelor locale. Cel mai mult folosite sînt desigur vopselele şi lacurile formate din substanţe peliculogene, ca răşini naturale sau sintetice, derivaţi ai celulozei şi ai cauciucului etc., dizolvate în dizolvanţi potriviţi ca benzen, toluen, xilen, alcooli, acetonă, esteri etc. Ei mai conţin diferiţi pigmenţi ca miniu, oxid de zinc, cromat de plumb sau de bariu, pulberi metalice etc., care asigură culoarea dorită, dar care de multe ori prezintă şi o acţiune anticorozivă remarcabilă.

Deosebit de eficace sînt acoperirile combinate formate dintr-o peliculă anorganică peste care s-a suprapus una organică, de exemplu o fosfatare urmată de o vopsire.

Trebuie menţionat că alegerea uneia sau alteia dintre metodele de protecţie sînt determinate de condiţiile concrete de funcţionare a diferitelor utilaje sau instalaţii. Cunoaşterea mecanismului de coroziune, a factorilor principali care o influenţează, vor permite alegerea metodei celei mai eficace şi mai economice.

BIBLIOGRAFIE

1. AKIMOV, G. V. *Teoriia i metodî issledovaniia Korrozii metallov.* Moscova–Leningrad, Izdatelstvo Akademii Nauk S.S.S.R., 1945.
2. EVANS, U. R. *Korrosion, Passivität und Oberflächenschutz von Metallen.* Berlin, Springer-Verlag, 1939.
3. EVANS, U. R. *The Corrosion and Oxidation of Metals.* London, Arnold, 1960.
4. HAGYMAŞ, GH., C. FIROIU, RADOVICI, O. *Coroziunea şi protecţia metalelor.* Bucureşti, Editura Tehnică, 1963.
5. KAESCHE, H. *Die Korrosion der Metalle.* Berlin-Heidelberg-New-York, Springer-Verlag, 1966.
6. KOVÁCS, K. *Korróziós alapfogalmak.* Budapest, Müszaki Könyvkiadó, 1965.
7. SHREIR, L. L. *Corrosion,* London, George Newnes Limited, 1965.
8. TÖDT, F. *Korrosion und Korrosionschutz.* Berlin, Walter de Gruyter et Co., 1961.
9. TOMAŞOV N. D. *Teoriia Korrozii i zascitî metallov.* Moscova Izdatelstvo Akademii Nauk, 1960.
10. UHLIG, H. H. *The Corrosion Handbook.* New-York. J. Willey and Sons, 1948.
11. VETTER, K. J. *Elektrochemische Kinetik.* Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer-Verlag, 1961.
12. * * * *Protecţia anticorozivă în industria petrolului şi chimiei.* Bucureşti, Centrul de Documentare al M.I.P.C., 1965.

16. PRELUCRAREA MATERIALELOR PLASTICE

16.1. CONSIDERAŢII GENERALE

În ultimele decenii, chimia a pus la dispoziţia tehnicii moderne un mare număr de materiale noi, în cea mai mare parte substanţe organice cunoscute ca: materiale plastice, cauciucuri sintetice, fire şi fibre sintetice, adezivi şi materiale de acoperire.

Ceea ce este comun tuturor acestor materiale, cu toate proprietăţile lor foarte deosebite, este un anumit mod de construcţie a moleculelor chimice. Majoritatea acestor substanţe sînt formate din molecule neobişnuit de mari, macromolecule, ceea ce a condus la denumirea întregului domeniu: compuşi macromoleculari sau polimeri înalţi.

O parte din compuşii macromoleculari sînt produşi naturali ce se folosesc fie ca atare (celuloză, cauciuc natural etc.), fie după transformări chimice (celuloid, acetil celuloză, galalit, ebonită etc.).

Materialele noi sînt produse de sinteză chimică în care se porneşte de obicei de la materii prime cu molecule mici obişnuite, folosind următoarele metode principale de obţinere a compuşilor macromoleculari: policondensare, polimerizare, poliadiţie, transformări chimice ale unor compuşi macromoleculari sintetici sau naturali.

Numărul de molecule mici legate chimic într-un compus macromolecular se numeşte grad de polimerizare. Acesta fixează masa moleculară a compusului macromolecular, devenind o caracteristică importantă, care condiţionează proprietăţile, comportările şi utilizările materialului.

Un rol important pentru înţelegerea comportării acestor materiale noi îl are şi modul de aşezare al elementelor constitutive în macromoleculă, adică aşa-numita macro- şi microstructură.

Există trei moduri fundamentale de înlănţuire a merilor (elemente chimice care se repetă), care dau naştere la trei tipuri de macromolecule şi anume: liniare, ramificate, reticulate.

Unii polimeri liniari, la care unităţile structurale sînt aşezate într-o anumită ordine spaţială preferenţială, ce poate fi dirijată prin sinteză, sînt cunoscuţi sub denumirea de polimeri stereoregulaţi. Polimerii stereoregulaţi pot avea unele proprietăţi superioare polimerilor liniari în care această ordine lipseşte. Exemplu: polipropilena atactică este un material cu aspect cauciucos, cu punct de topire coborît; polipropilena izotactică este un material rigid cu duritate superficială remarcabilă avînd punct de topire ridicat (175°C).

16.1.1. NOMENCLATURA COMPUŞILOR MACROMOLECULARI

Nomenclatura compuşilor macromoleculari sintetici are în general ca bază, denumirea monomerului căruia i se adaugă prefixul poli, ca de exemplu: monomer — poli[mer]; etilenă — poli [etilenă]; propilenă — poli [propilenă], sau, uneori, denumirea substanţelor iniţiale, care reacţionează pentru a forma compusul respectiv, este precedată de cuvîntul răşină, de exemplu: fenol + formaldehidă → răşină fenol-formaldehidică (bachelită), iar uree + formaldehidă → răşină ureo-formaldehidică (aminoplast).

În practică, de multe ori, locul denumirilor științifice este luat de denumirile comerciale ca de exemplu: polietilenă de presiune înaltă — Alkaten; polietilenă de presiune joasă — Hostalen; polietilenă de presiune medie — Marlex; policarbonați — Makrolon; poliformaldehidă — Delrin sau Hostaform.

Dacă denumirea științifică a produsului identifică clasa de polimeri din care face parte, denumirea comercială trebuie să atragă atenția asupra tipului, respectiv asupra caracteristicilor speciale ale materialului, care sînt o urmare directă a metodei prin care a fost produs.

16.1.2. CLASIFICAREA MATERIALELOR DE TIP POLIMER

Clasificarea materialelor de tip polimer se poate face după mai multe criterii. Este de subliniat însă, că nici unul nu are valoare absolută și că se găsesc multe puncte de interferență între ele. Vom menționa acele criterii, care au mai multă tangență cu specialiștii nechimiști.

Clasificarea după proveniență: naturale (celuloză, cauciuc, amidon, cazeină etc.); artificiale (celuloid, galalit, ebonită etc.); sintetice (polipropilenă, polimetacrilat de metil etc.).

Clasificarea după macrostructură: liniare (polipropilenă); ramificate (polietilenă etc.); tridimensionale (rășini fenol — formaldehidice etc.).

Clasificarea după modificările suferite în urma procesului de prelucrare: termoplaste — materiale permanent fuzibile și solubile (polietilenă, polipropilenă, polistiren etc.); termorigide — materiale care în procesul de prelucrare finală devin insolubile și infuzibile (rășini fenol-formaldehidice, rășini ureo-formaldehidice etc.).

Din punct de vedere practic această ultimă clasificare prezintă o importanță deosebită, deoarece ea delimitează două sisteme fundamental diferite în prelucrarea polimerilor.

16.2. PRELUCRAREA DIMENSIONALĂ A MATERIALELOR PLASTICE

16.2.1. PRELUCRAREA TERMOPLASTELOR

16.2.1.1. ASPECTE TEORETICE. Dezvoltarea tehnicilor de transformare a polimerilor în produse finite a mers paralel cu dezvoltarea proceselor de sinteză.

Caracteristicile polimerilor, ca și necesitățile practice, au introdus în prelucrarea materialelor plastice aproape toate procedeele de prelucrare folosite la alte materiale, procedee ce fac apel la energia mecanică și la energia termică sau la efectul combinat al acestora.

Comportarea diferită la temperatură este factorul principal, care determină posibilitățile de prelucrare ale fiecărui polimer.

Materialele termoplastice suferă, sub influența căldurii, modificări de stare fizică, a căror evoluție poate fi observată din fig. 16.1. Curbele termomecanice (deformație funcție de temperatură) permit punerea în evidență a unor temperaturi critice (T_v, T_c, T_d) la care caracteristicile polimerilor se schimbă calitativ și ca o consecință directă se schimbă și posibilitățile de prelucrare. Temperatura de vitrifiere T_v este temperatura ce marchează trecerea din stare sticloasă în stare înalt elastică. Temperatura de curgere T_c este temperatura de trecere din starea înalt elastică în stare plastic-vîscoasă (fluidă). Temperatura de descompunere T_d este temperatura maximă pînă la care se mai păstrează individul chimic macromolecular. Peste această temperatură polimerul se descompune putînd da uneori chiar monomerul de la care s-a pornit.

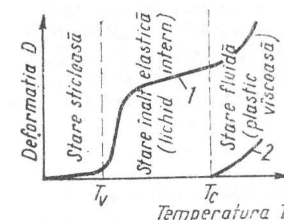


Fig. 16.1. Curba termo-mecanică și stările fizice ale polimerilor liniari amorfi:
1 — curba deformațiilor totale; *2* — curba deformațiilor permanente

Sub T_v, polimerul se află în stare solidă sticloasă și poate suferi doar deformații reversibile foarte mici, el se va prelucra sub această temperatură numai prin procedee mecanice. Peste T_v polimerul se află în stare înalt elastică, în care mobilitatea elementelor structurale este intermediară între starea sticloasă și fluidă, deoarece aici apar toate gradele de libertate ale mișcării termice, dar nu pentru molecule întregi (ca în starea fluidă), ci doar pentru părți de molecule. În această stare deformația elastică crește apreciabil (modulul de elasticitate scade), iar sistemele de prelucrare sînt cele de formare la cald. La depășirea temperaturii T_c polimerul trece în stare fluidă, cînd alături de deformația elastică apare și o deformație ireversibilă datorită curgerii, ca urmare a mișcării termice moleculare (mișcare macrobrowniană). Peste această temperatură polimerul se prelucrează prin turnare, injecție, presare etc.

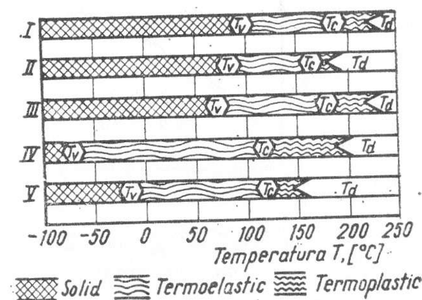


Fig. 16.2. Temperaturile critice ale cîtorva materiale termoplastice
I — polimetacrilat de metil; *II* — P.C.V. rigid; *III* — copolimer acrilonitril; *IV* — polietilenă de presiune înaltă; *V* — P.C.V.plastifiat (40% tricresilfosfat și 60% P.C.V.); T_c — temperatura de curgere; T_d — temperatura de descompunere; T_v — temperatura de vitrifiere

Valorile temperaturilor critice sînt dependente de natura chimică a polimerului și de gradul de polimerizare a acestuia, cum rezultă din fig. 16.2 și 16.3.

Intervalul $T_v - T_c$ este pentru unii polimeri mai mare (pentru cauciuc este între — 70°C pînă la 200°C), iar pentru alții mai mic (pentru materiale plastice 100°C — 160°C), în funcție de posibilitatea transformării lor conformaționale. La polimeri cu forțe secundare foarte mari și cu catene rigide, T_v coincide cu T_c, deci pentru acești polimeri nu este practicabil orice sistem de prelucrare prin formare la cald (exemplu: poliamide). Pentru polimerii la care T_v este mai mare decît T_d (respectiv T_t — temperatura de topire a cristalelor — este mai mare decît T_d) singura stare fizică în care poate exista polimerul este cea sticloasă. El se va prelucra în consecință prin așchiere (celuloza) sau

din soluţii (poliacrilonitrilul). Valorile temperaturilor critice pot fi deplasate în sensul dorit fie prin modificări în constituţia chimică a polimerului (plastifiere internă → copolimerizare) fie prin modificări externe, prin adaos de substanţe cu moleculă mică, străine de polimer (plastifiere externă).

Valorile temperaturilor critice au o importanţă deosebită pentru stabilirea sistemelor de prelucrare în obiecte finite a materialelor de tip polimer.

16.2.1.2. PRELUCRAREA MECANICĂ. Pentru acest sistem de prelucrare, polimerii sînt solicitaţi în stare sticloasă. În această situaţie ei se comportă, la tensiuni mici, analog cu materialele solide clasice. Ca urmare prelucrările mecanice, cu sau fără aşchiere sînt aplicabile în condiţii bune pentru multe materiale plastice dure cum sînt: policlorura de vinil dură, polimetacrilatul de metil, poliamide, policarbonaţi etc.

Tăierea, ştanţarea, curbarea, strunjirea, frezarea, găurirea, filetarea, rabotarea, polisarea sînt procedee prin care se pot obţine din semifabricate de materiale plastice (foi, plăci, tuburi, bare, blocuri) cele mai diverse piese.

La prelucrarea mecanică a materialelor plastice intervin anumite modificări ale vitezelor de lucru şi ale uneltelor de prelucrare cauzate de: natura chimică organică, conductibilitatea termică scăzută, coeficientul de dilatare specifică foarte mare, pericolul de încărcare electrostatică etc., de care este absolut necesar să se ţină seama pentru a asigura obţinerea unei piese de calitate (v. tabelele 16.1 şi 16.2).

Alături de aceste sisteme de prelucrare la rece prin procedee mecanice, se poate aplica uneori şi prelucrarea la rece cu viteze mari (ambutisarea la rece cu viteze mari a materi-

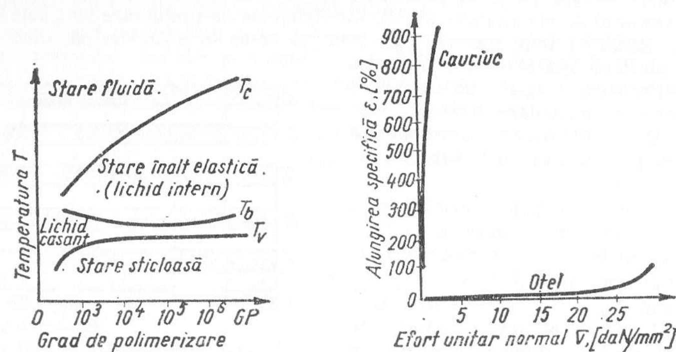


Fig. 16.3. Variaţia temperaturilor caracteristice ale polimerilor amorfi cu gradul de polimerizare (GP): Tv şi Tc — (v. fig. 16.2); Tb — temperatura de fragilitate (brittle pointe)

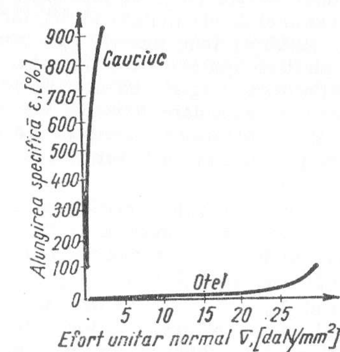


Fig. 16.4. Curbele σ—ε comparative pentru cauciucul natural şi oţel

alelor de tip ABS, care sînt copolimeri ternari — acrilonitril — butadienă — stiren sau compounduri). Acest sistem de prelucrare este posibil datorită faptului că materialele plastice pot suferi, la tensiuni mari, deformaţii apreciabile, ca urmare a faptului că şi în stare sticloasă părţi ale catenei macromoleculei dispun de o relativă libertate.

Tabelul 16.1

Geometria burghiului şi regimurile de găurire a materialelor plastice

Materialele plastice de prelucrat	Geometria burghiului				Regimul de găurire	
	Unghiul la vîrf 2ϰ°	Unghiul de aşezare principal α°	Unghiul de degajare principal γ°	Unghiul de înclinare al elicei ω°	Viteza de aşchiere v, m/s	Viteza de avans v_s, mm/s
Presate termoreactive	60—90	8	10	30	0,6—1	0,6—1
Răşini turnate	85		10	35	0,8—1,1	0,3—0,6
Fenoplaste stratificate (ţesătură)	60		6—8	25	0,8—1	1—1,3
Fenoplaste stratificate (hîrtie)	90—100	8	6—8	25	0,8—1	1—1,6
Acetat de celuloză	120			40	0,5—0,8	1,3—1,6
Polistiren	45—50		2—4	35	0,4—0,6	1,3—1,6
PCV rigid	130—145		0	40	0,2—0,3	0,6—1
Polimetacrilat de metil	120—140			30	1,3—1,6	0,5—0,8
Poliamidă	100—120	10—20	10	35	2—2,5	0,6—1

Tabelul 16.2

Geometria cuţitelor şi regimul de aşchiere la strunjirea materialelor plastice

Material plastic	Geometria cuţitelor			Regimul de aşchiere		
	Unghi de înclinare al tăişului principal λ°	Unghi de degajare principal γ°	Unghi de atac principal ϰ°	Adîncimea principală de aşchiere t, mm	Avansul pe rotaţie s, mm/rot	Viteza de aşchiere v, mm/s
Presate termoreactive	Negativ	8	60	0,5—1	0,1	0,7—1
Răşini turnate	Zero	18—20	50	0,1—0,2	0,05	0,6—1
Stratificate (ţesătură)	1—4	15—20	68—74	1—3	0,5—1	3,3—4,1
Stratificate (hîrtie)	Zero sau negativ	15—20	70—80	1—4	0,5	2,1—2,5
PVC rigid	Zero	0,5	60—70	0,8—1	0,3	8—13
Poliamide	Zero	40	10	0,5—0,6	0,3	1,6
Polistiren	Negativ	6	20—30	0,2—0,4	0,04	1—1,3
Polimetacrilat de metil	Negativ	4—8	20—30	0,2—0,4	0,05	1,6—2,5

16.2.1.3. PRELUCRAREA PRIN FORMARE LA CALD. Formarea la cald (mularea la cald) solicită materialele plastice în zona stării înalt elastice, adică în intervalul cuprins între T_v şi T_c. În stare înalt elastică, polimerii prezintă particularităţi de defor-

mare neîntîlnite la alte materiale. Diferenţa cantitativă dintre elasticitatea solidelor şi a cauciucurilor (reprezentanţii de bază ai corpurilor cu deformaţie înalt elastică) este reprezentată în curbele $\sigma - \varepsilon$ din fig. 16.4.

Se observă că polimerii, în stare înalt elastică sînt caracterizaţi prin modulul de elasticitate foarte mic. Ca urmare pentru formarea polimerilor în această stare este nevoie de o forţă de deformare relativ mică. Deformarea înalt elastică are un mecanism cinetic, constînd din regruparea (rearanjarea) părţilor de catenă macromoleculară şi este caracterizată prin reversibilitate. Procesul de restabilire a echilibrului (revenire la forma iniţială) — perturbat de o forţă deformatoare — nu are loc instantaneu, ci cu viteze finite. Aceste viteze de revenire cresc repede cu creşterea temperaturii, deoarece restabilirea echilibrului se realizează prin mişcarea termică a părţilor macromoleculei. Totodată, influenţa temperaturii asupra vitezei de dezvoltare a deformaţiei înalt elastice este mult mai însemnată decît cea exercitată asupra mărimii deformaţiilor de echilibru. Teoria cinetică a deformaţiei înalt elastice indică o relaţie de proporţoonalitate între deformaţie şi temperatura absolută de forma:

$$D_{\infty} \approx f \approx T\left(\frac{\partial f}{\partial T}\right)_l$$

în care: D_{∞} este deformaţia înalt elastică; f — tensiunea în material la deformaţia D_{∞}; T — temperatura absolută; $\left(\frac{\partial f}{\partial T}\right)_l$ — variaţia cu temperatura a tensiunii la deformaţie constantă.

Viteza deformării elastice s-a dovedit a creşte exponenţial cu temperatura, analog cu viteza de curgere a lichidelor.

Perioada de relaxare θ în funcţie de temperatură este dată de relaţia

$$\theta = Ae^{E/kT}$$

în care: E este energia de acţionare a relaxării; A — o constantă; kT — constanta Boltzman.

Mărimea acsstei energii este determinată de natura chimică a particulelor şi de densitatea împachetării lor. Prin urmare, pentru formarea la cald a materialelor termoplastice, procedeele utilizate vor ţine cont că piesele trebuiesc răcite sub presiune, pînă la o temperatură aproximativ egală cu T_v pentru a se obţine o deformare permanentă. Ireversibilitatea deformaţiei este doar aparentă, deoarece prin reîncălzirea obiectului peste T_v, proba revine la forma iniţială (exemplu o placă de polimetacrilat de metil deformată la cald, sub presiune, revine la forma iniţială de placă, prin reîncălzire). De acest lucru trebuie să se ţină seama şi la condiţiile de utilizare ale piesei.

Între procedeele de formare la cald cele mai cunoscute sînt:

Ambutisarea. Este un procedeu prin care o foaie parţial înmuiată prin încălzire este adusă în formă concavă cu ajutorul unei matriţe negative şi a unui poanson de presare. Presiunea de lucru variază între 15—40 daN/cm². Obţinerea unor piese cu grosimea cît mai uniformă, depinde de raza de curbură imprimată, calculată în funcţie de grosimea şi de tipul materialului utilizat.

Formarea sub vid. Este o operaţie rapidă ce dă posibilitatea realizării exacte a obiectelor de serie, chiar cu configuraţia complexă. Principiul de formare sub vid (fig. 16.5) constă în „sugerea" materialului, încălzit prin radiaţie, într-o matriţă deschisă prevăzută cu orificii pentru evacuarea aerului. Forţa necesară pentru formarea foii ia naştere datorită diferenţei dintre presiunea atmosferică şi vidul creat prin aspiraţia aerului din interiorul

formei. Presiunea exercitată este deci mică 0,90—0,95 daN/cm². În cazul cînd este necesar se recomandă o combinare a procesului de aspiraţie cu apăsarea mecanică sau cu folosirea aerului comprimat.

La formarea prin aspiraţie grosimea peretelui obiectului format este neuniformă şi anume la fundul piesei grosimea va fi mai mică decît pe pereţii laterali, iar la colţuri minimă (fig. 16.5). Ca urmare trebuie să se respecte un anumit raport între înălţimea H şi deschiderea D, care nu trebuie să depăşească valoarea de 1 : 2.

Procedeul de formare în vid prin întindere — aspiraţie (fig. 16.6) se foloseşte pentru fabricarea de piese mai adînci, cu pereţi verticali şi cu rază de curbură mai mică.

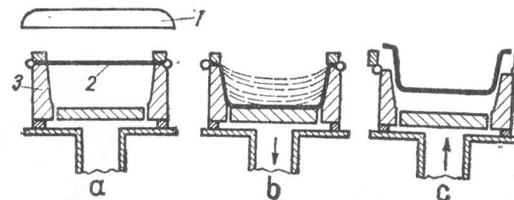


Fig. 16.5. Formarea sub vid pe matriţă negativă ($H : D$ = 1:2,5 ... 1:2):
a — încălzire; *b* — formarea sub vid (aspiraţia); *c* — scoaterea produsului cu presiune de aer; *1* — sistem de încălzire; *2* — placă de material plastic; *3* — matriţă

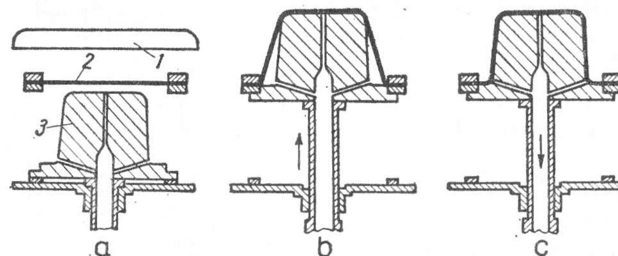


Fig. 16.6. Formarea sub vid pe matriţă pozitivă ($H:D$ = 1,25:1 ... 1,5:1):
a — încălzire; *b* — întindere (ambutisare); *c* — aspiraţie pe poanson; *1* — sistem de încălzire; *2* — placă de material plastic; *3* — poanson

În afară de formare în vid prin întindere sau prin aspiraţie pe matriţă pozitivă există şi posibilitatea formării pe matriţă negativă. Presiunea exercitată de poanson asupra materialului este limitată la 2—8 daN/cm² şi ajută la obţinerea unor obiecte la care raportul H/D merge de la 1/1 la 1,5/1. Pereţii obiectelor obţinute suferă şi în acest caz de neuniformitate. Variaţia grosimii peretelui unei piese din PVC rigidă în funcţie de procedeul de formare în vid este prezentată în fig. 16.7.

În consecinţă, la stabilirea unei tehnologii corespunzătoare va trebui să se ţină seama de uniformitatea grosimii pereţilor, ştiind că aceasta diferă de la un procedeu la altul.

Formarea cu aer comprimat. Se mai numeşte şi formarea pneumatică şi se caracterizează prin utilizarea unei forţe de formare mai mare decît la formarea sub vid. Pre-

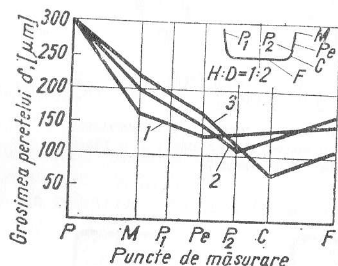


Fig. 16.7. Variaţia grosimii peretelui unui obiect din folie de P.V.C. rigid, de grosime *P*, format prin trei procedeee:

1 — pozitivă, cu întindere mecanică; *2* — negativă, cu întindere mecanică; *3* — negativă

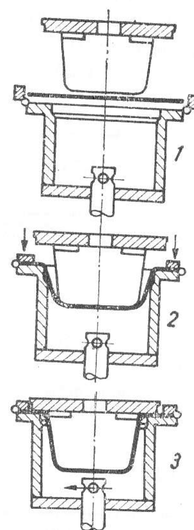


Fig. 16.8. Formarea cu aer comprimat şi întindere mecanică, în matriţă pozitivă:

1 — matriţă deschisă; *2* — întinderea cu poanson; *3* — obiect format

siunea variază între 6—8 daN/cm². Schema de principiu a instalaţiei de formare prin comprimare este prezentată în fig. 16.8.

Formarea pneumatică prezintă avantaj faţă de formarea în vid, atît în ceea ce priveşte raportul *H*/*D* cît şi a uniformităţii grosimii pereţilor după cum se vede din fig. 16.9 şi 16.10.

Formarea cu presiune de aer cald. Se foloseşte numai pentru obiecte cu pereţi subţiri (0,5—1 mm). Foaia de material plastic este încălzită şi presată pe pereţii matriţei de un curent de aer cald a cărui presiune oscilează între 6—8 daN/cm². Procedeul este practicat şi pentru obţinerea buteliilor şi a altor „corpuri goale", pe maşini specializate.

Tipuri de materiale recomandate pentru formarea la cald. Pentru formarea sub vid sînt indicate materiale termoplastice sub formă de foi sau plăci rigide, semirigide şi flexibile, cu grosimea între 0,025—10 mm. Alegerea materialului se va face potrivit locului

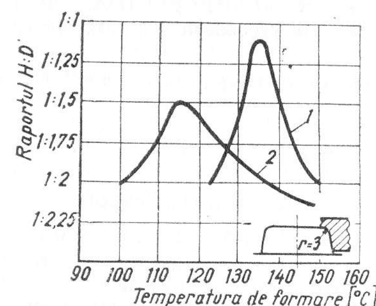


Fig. 16.9. Raportul H:D la diferite temperaturi de formare:

1 — formare cu aer comprimat *2* — formare sub vid fără întindere mecanică a unei folii de PVC rigidă

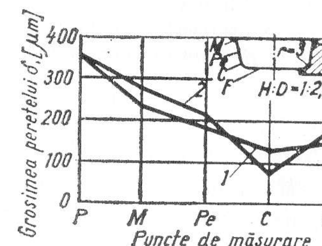


Fig. 16.10. Variaţia grosimii pereetlui unui obiect din folie de PVC rigidă de grosime *P*:

1 — formare cu aer comprimat; *2* — formare în vid

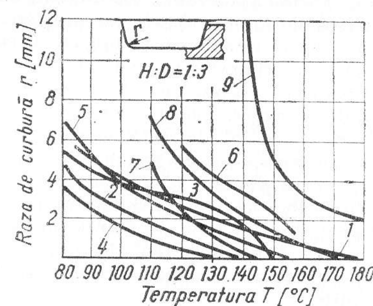


Fig. 16.11. Influenţa temperaturii asupra razei de curbură:

1 — PVC rigid tip emulsie; *2* — PVC rigid tip suspensie; *3* — PVC semirigid tip suspensie; *4* — copolimer clorură-acetat de vinil; *5* — polistiren modificat; *6* — polimetacrilat de metil; *7* — poliacetat flexibil; *8* — poliacetat rigid; *9* — policarbonat

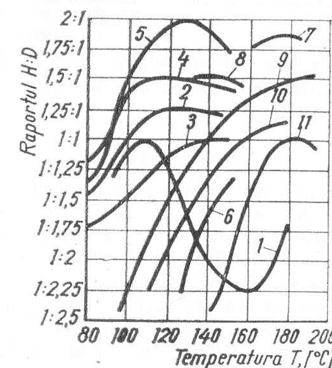


Fig. 16.12. Influenţa temperaturii asupra raportului *H*:*D*:

1 — PVC rigid tip emulsie; *2* — PVC rigid tip suspensie; *3* — PVC semirigid tip suspensie; *4* — copolimer clorură-acetat de vinil; *5* — polistiren modificat; *6* — polimetacrilat de metil; *7* — polipropenă; *8* — polietilenă de joasă presiune; *9* — poliacetat flexibil; *10* poliacetat rigid; *11* — policarbonat

de utilizare, dar și ținînd cont că fiecare material se comportă diferit în aceste condiții de prelucrare așa cum rezultă din fig. 16.11 și 16.12.

16.2.1.4. PRELUCRAREA POLIMERILOR ÎN STARE FLUIDĂ. În această stare se prelucrează numeroase materiale plastice prin procedeele de: calandrare, extrudare, injecție, filare etc.

În zona fluidă (peste T_c) chiar pentru un interval de timp t scurt, deformația globală va conține toți termenii conform relației:

$$D_t = D_0^E + D_t^E + D_t^C = D^E + D_t^C$$

în care: D_t este deformația totală; $D^E = D_0^E + D_t^E$ deformația elastică totală, D_0^E — deformația elastică obișnuită; D_t^E — deformația înalt elastică, iar D_t^C — deformația de curgere (care se produce în timpul t considerat), așa cum rezultă și din fig. 16.13.

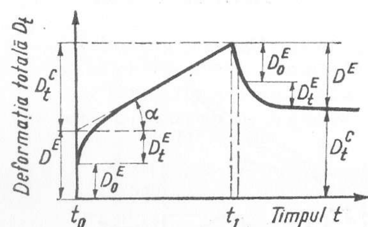


Fig. 16.13. Curbele $D_t = f(t)$ la încărcare și descărcare pentru polimerii elasto-plastici

Curgerea ca și deformarea înalt elastică are caracter de relaxare și deci influența temperaturii asupra acestei deformații se manifestă asupra perioadei de relaxare. Durata regrupării macromoleculelor scade și aici exponențial cu temperatura. Deoarece, în stare fluidă, curgerea polimerilor este însoțită de îndreptarea catenelor macromoleculare în direcția forței de deformare, ei dobîndesc o viscozitate din ce în ce mai mare. Orientarea în procesul curgerii reduce nu numai fluiditatea, dar elimină elasticitatea polimerului, cauzînd așa-numita vitrifiere mecanică. În practică se observă foarte rar creșterea viscozității pînă la vitrifierea completă. Creșterea viscozității în timpul curgerii stă la baza capacității specifice a macromoleculelor de a forma filme și fire rezistente. O altă particularitate a curgerii polimerilor este legată de așa-numitul fenomen al curgerii chimice. Fenomenul are loc datorită viscozității mari a polimerilor, care sub acțiunea forțelor deformatoare mari se rup chiar la legăturile chimice din macromoleculă. Particulele formate prin rupere, fiind mai mici, se vor deplasa mai ușor și vor asigura curgerea, dar în același timp vor contribui la accelerarea procesului de îmbătrînire și la reducerea indicilor de rezistență mecanică a obiectului finit. În prelucrarea termoplastelor trebuie ținut deci cont de toate particularitățile curgerii, pentru a putea fixa parametrii optimi de prelucrare, parametrii ce vor asigura calitățile optime ale obiectelor finite.

Calandrarea. Prelucrarea pe calandre (procedeu utilizat mai ales în industria cauciucului) constituie cea mai rapidă metodă de formare a foilor și foliilor din materiale plastice. Procedeul constă în trecerea unui amestec (polier + plastifiant) în prealabil omogenizat și preîncălzit, între mai multe perechi de cilindri încălziți. Viteza de rotire a cilindrilor și distanța dintre ei se stabilesc în așa fel încît produsul să iasă sub forma unei foi uniforme de grosime dorită (de la cîteva sutimi de mm pînă la 1 mm). Modelul unui calandru cu cilindrii dispuși în formă de L răsturnat este dat în fig. 16.2.10.14.

Materialul termoplastic, trecut prin cîteva laminări succesive, capătă un caracter anizotrop rezultat din orientarea preferențială a macromoleculelor în direcția de calandrare. Această anizotropie este cunoscută sub numele de „efect de calandru" și trebuie să fie luată în considerație la utilizarea materialului. Efectul de calandru se manifestă

prin diferențe în rezistența la tracțiune și a alungirii relative la ruperea foliei pe cele 2 direcții. Încercările efectuate perpendicular pe direcția de calandrare au valori mai mici decît cele efectuate de-a lungul acesteia.

Din grupul materialelor plastice cel mai frecvent utilizat pentru formarea prin calandrare este poli[clorura de vinil].

Extrudarea. Prin exdrudare se înțelege procesul continuu de obținere din materiale plastice a diferitelor profile cu lungime nelimitată cum sînt: tuburi cu diverse diametre și grosimi de perete, profile diverse, foi, cabluri izolate, monofilamente etc. Extrudarea realizează deci o gamă largă de semifabricate. O instalație de extrudare pentru materiale plastice se compune din: mașina de extrudare (extruderul), dispozitivul de extrudare (matrița), dispozitivul de calibrare și răcire, sistemul de preluare și tăiere, sistemul de tragere sau de înfășurare. Elementul principal al instalației este extruderul. El poate fi de mai multe tipuri: cu melc sau cu piston, cu un melc sau mai mulți melci etc. Tipul constructiv se alege în funcție de materialul prelucrat și de profilul ce trebuie obținut. Procesul de extrudare constă în esență în împingerea masei de polimer încălzită pînă la starea plastică prin capul de extrudare, care formează profilul. Schema unei mașini de extrudare este prezentată în fig. 16.15.

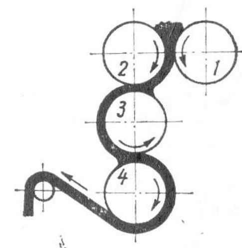


Fig. 16.14. Calandru cu cilindrii dispuși în formă de L răsturnat

Organul cel mai important al extruderului este melcul. El preia materialulul neplastifiat din buncăr și îl transmite capului pe extrudare sub formă de topitură omogenă. Melcul este împărțit în mai multe zone, după funcția pe care o îndeplinesc: zona de alimentare, zona de comprimare și zona de dozare sau pompare. Forma melcului, diametrul melcului, lungimea

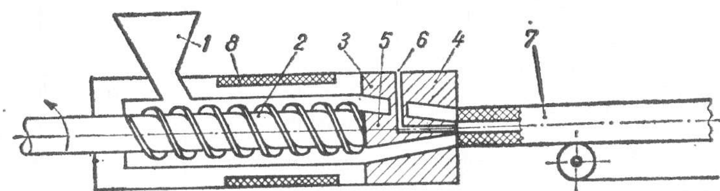


Fig. 16.15. Schema unei mașini de extrudere:
1 — pîlnie de alimentare; 2 — melc transportor; 3 — sită; 4 — cap de extrudere; 5 — dorn pentru diametru interior; 6 — orificiu pentru aer; 7 — tub extrudat; 8 — sistem de încălzire

activă, jocul între melc și cilindru, pasul, adîncimea canalului raportul de compresie sînt cîteva din caracteristicile principale ale melcului, importante însă pentru a fixa alegerea melcului în funcițe de materialul prelucrat. Pentru cele mai folosite materiale în procesul extruderii se dau în tabelul 16.3. cîteva caracteristici de prelucrare.

Injecția (fig. 16.16). Este procedeul cel mai răspîndit pentru formarea termoplastelor. În principiu, în cursul acestei prelucrări materialul termoplastic este topit și injectat sub presiune înaltă într-o matriță închisă unde se răcește și se solidifică. Matrița este

Materialul plastic	Produsul	Densitatea materialului, ρ, g/cm³	
		Zona alimentator	Materialul extrudat
PVC dură K^* = 70...72	Tuburi, plăci, profile	0,4–0,6	1,3–1,4
Copolimeri (acetat-clorură de vinil) (5 : 95) = K=70	Tuburi	0,4–0,6	1,3–1,4
Copolimeri (acetat+ clorură de vinil: 10%+90%; 20%+80%) K = 70	Foi tuburi cablaj	0,4–0,6	1,3–1,4
Polietilenă de presiune înaltă cu indice de curgere a a = 0,2...2 a = 2 a = 2...7 a = 20	Tuburi foi folii cablaj produse suflate	0,4	0,922
Polietilenă de presare joasă a = 2...7	Tuburi butelii recipiente	0,4	0,96
Polipropilenă	Tuburi folii cabluri	0,4	1
Poliamide	Tuburi butelii folii	0,5	1,3
Materiale tip ABS	Plăci tuburi profile	0,6	1,1

* Constanta K după Fikentscher.

Tabelul 16.3

Unele caracteristici ale prelucrării materialelor termoplastice prin extrudare

Raport de compresie $n : l$	Regim termic pe zone			Calibrare	Răcirea produsului
	Alimentator °C	Corp °C	Cap °C		
3:4	160	180–190	160–190	Vid, aer comprimat, liber	Apă caldă 60–70°C, aer
3:4	150	160–180	150–180	Vid aer comprimat, liber	Apă caldă 60–70°C, aer
3:4	140	160	160		
2 : 3	70–100	170–200	115–170	Vid aer	Apă caldă 80–90°C
2 : 5	70–170	210–230	140–200	Vid aer	Apă caldă
2 : 3	100	200–230	200–220	Vid aer	Apă caldă 20–50°, aer
1 : 9	100	220–260	200–230	Vid aer	Aer

apoi deschisă, piesa scoasă din ea şi ciclul începe din nou. Procedeul utilizat pentru topire (plastifiere) şi injecţie diferă de la o maşină la alta.

Există astăzi o gamă foarte variată de tipuri de maşini de injecţie care diferă prin: sistemul de acţionare, direcţia de lucru, numărul matriţelor de injecţie etc. Oricare ar fi tipul constructiv, elementele principale ale maşinei de injecţie rămîn aceleaşi: ansamblul cilindrului principal de injecţie, duza de injecţie, sistemul de dozare, sistemul de încălzire.

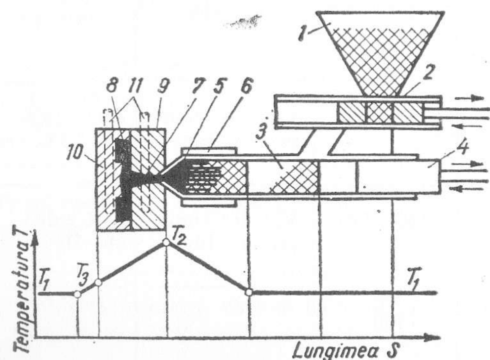


Fig. 16.16. Schema procesului de formare în maşina de injecţie:
1 — buncăr; *2* — dispozitiv de dozare; *3* — camera de primire; *4* — piston; *5* — cilindru de încălzire; *6* — încălzitor electric; *7* — canal central de injecţie al matriţei; *8* — cavitatea matriţei în care se formează produsul; *9* — partea din faţă a matriţei; *10* — partea din spate a matriţei; *11* — ţevi pentru răcirea matriţei; T — temperatura materialului plastic; S — drumul materialului plastic; T_1 — temperatura materialului plastic înainte de injecţie; T_2 — temperatura materialului plastic în timpul injectării; T_3 — temperatura materialului plastic din produs în momentul deschiderii matriţei

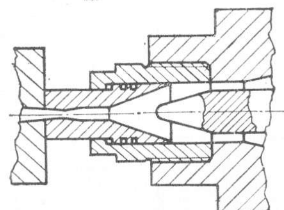


Fig. 16.17. Duza de injecţie cu cap lat

Dintre aceste elemente cel mai afectat de tipul materialului prelucrat este duza de injecţie care suferă modificări constructive în funcţie de fluiditatea materialelor injectate. Materiale ca: acetatul de celuloză, polistirenul şi copolimerii săi, polimetacrilatul de metil — tip special pentru injecţie — au la temperatura de injecţie o viscozitate medie suficient de ridicată pentru ca să se poată injecta printr-o duză obişnuită cu capul plat (fig. 16.17).

Polimerii stereoregulaţi sau cu cristalinitate mare (poliamidele), prezintă un punct de topire net şi o fluiditate foarte mare în stare topită. Ca urmare, duza de injecţie trebuie să prezinte un dispozitiv de închidere, care să împiedice scurgerea topiturii din maşina de injecţie cînd aceasta este deschisă. Există diferite tipuri de obturatoare care pot fi clasate în: sisteme statice, constituite dintr-un grup de grile (site) ce acţionează prin pierdere de presiune, şi sisteme dinamice: cu robinet (fig. 16.18), cu sertar (fig. 16.19) sau cu supapă cu resort (fig. 16.20).

Poli[clorura de vinil] rigidă şi poli[trifluormonocloretilenă] prezintă mari dificultăţi la prelucrarea prin injecţie datorită faptului că au o viscozitate foarte mare şi tendinţă de descompunere pronunţată. Pentru mărirea cadenţei de injecţie se recomandă în acest caz duze deschise.

Calitatea unui produs finit obţinut prin injecţie este condiţionată de o serie de parametri interdependenţi cum sînt: presiunea realizată de piston în cilindru, temperatura materialului injectat, temperatura matriţei, durata unui ciclu de injecţie, dimensiunile

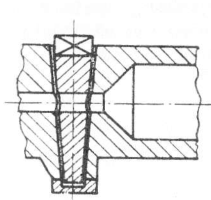


Fig. 16.18. Obturator cu robinet

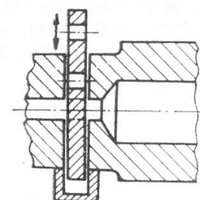


Fig. 16.19. Obturator cu sertar

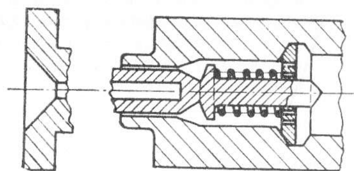


Fig. 16.20. Obturator cu supapă şi resort

şi forma duzei şi a canalelor matriţei etc. În cazul organelor de maşini şi dispozitive se pune problema respectării cu stricteţe a dimensiunilor finale, din care cauză trebuie să se ţină seama de contracţia materialelor plastice (tabelul 16.4). Pentru obţinerea datelor comparative din tabelul 16.4 injecţia s-a lucrat în condiţii identice (temperatura de injecţie 260°C, determinarea contracţiei la 20°C şi 1 at).

Tabelul 16.4

Contracţia unor termoplaste

Presiunea p, daN/cm²	Contracţia de volum, %			
	Polistiren	Polimetacrilat de metil	Acetobutirat de celuloză	Polietilenă
0	35	35	52	70
350	23	26	43	59
700	14	18	34	51
1400	3	7	21	36

Cauze ce ţin de natura procesului de transfer de căldură în polimer duc la apariţia fenomenului de contracţie neuniformă care complică foarte mult procesul de injecţie. Tipul materialului prelucrat impune atît modificări constructive ale utilajului cît şi modificarea parametrilor de injecţie, cum rezultă din tabelul 16.5

Extrudare-injecţie. Este un sistem de prelucrare utilizat pentru materialele plastice cu viscozitate mare la temperaturi ridicate (PVC dură), sau care au temperatură de topire foarte apropiată de temperatura de descompunere (PVC dură) sau pentru cazurile cînd se injectează piese de volum foarte mare (aproximativ 1000 cm³).

Extrudare-suflare. Este un procedeu foarte productiv de formare a foliilor (polietilenă, polipropilenă), dar în acelaşi timp şi pentru formarea diferitelor obiecte goale: butelii, flacoane etc. Procedeul combină în esenţă 2 sisteme de prelucrare: extrudarea,

care formează un semifabricat continuu, de exemplu sub formă de tub, şi suflarea, care transformă tubul în diferite obiecte prin comprimare cu aer în teritoriul unei matriţe.

Sinterizarea sau autodifuziunea. Acest procedeu de prelucrare este utilizat numai pentru polimerii fluoruraţi, în mod special pentru politetrafluoretilenă (teflon), care încălzită se descompune înainte de a atinge un grad de plastifiere suficient pentru ca să poată fi prelucrată prin alte procedee cunoscute. De aceea din pudra de teflon se formează prin

Tabelul 16.5

Unele caracteristici ale prelucrării termoplastelor prin injecţie

Material plastic	Uşurinţa formării	Temperatura de formare, °C	Presiune de formare, daN/cm²	Raportul volumul prafului şi al obiectului format	Contracţie %
Copolimer (clorură-acetat de vinil) rigid	Excelentă	140—150	1260—2100	2	0,1
Copolimer (clorură-acetat de vinil) plastifiat fără umplutură	Bună	120—170	700—1700	2,5	1—1,7*)
Policlorură de vinil plastifiată	Bună	150—180	1400—1600	2,0—2,5	1—1,7*)
Polivinilformal	Bună	175—205	900—2700	—	0,2—0,4
Polivinilbutiral rigid	Bună	140—160	—	—	—
Polivinilbutiral plastifiat fără umplutură	Bună	120—170	1350—2100	—	—
Polimetacrilat de metil	Excelentă	165—260	900—2700	1,6—2,2	0,2—0,6
Polistiren	Excelentă	190—260	900—2700	2—2,3	0,2—0,8
Polietilenă	Excelentă	150—200	310—1500	3,6	0,8—1,2
Poliamide	Excelentă	230—275	100— 800	2,3	1,5—2,0
Acetat de celuloză	Excelentă	170—260	210—2100	2—2,8	1—1,2

* Variabil după plastifiant.

compresie cu o presiune de 400 daN/cm² un semifabricat a cărei consistenţă este suficientă pentru a îl putea scoate din formă. Aceasta se încălzeşte la o temperatură cuprinsă între 350—390°C timp de 10 minute pentru fiecare mm grosime şi apoi se răceşte lent. Metoda nu serveşte decît la obţinerea plăcilor şi barelor din care se prelucrează apoi piese de diferite forme prin procedee mecanice.

Turnarea. Este o metodă de formare utilizată mai ales pentru obţinerea pieselor prototip sau de serie foarte mică. Caracteristica formării prin turnare este aceea că se folosesc matriţe deschise, fără a fi necesară o presiune. Materialele mai des folosite în acest scop sînt polimetacrilat de metil şi polistirenul sub formă de siropuri de prepolimer. Metoda se foloseşte şi pentru unele materiale termoreactive cum sînt răşinile fenol-formaldehidice, poliesterii nesaturaţi şi răşinile epoxidice.

Presarea. Această metodă deşi nu este o prelucrare specifică materialelor termoplastice, se aminteşte numai ca posibilitate. Se pot presa la cald granule din materiale plastice, dar obiectul trebuie răcit în formă menţinînd presiunea, ceea ce reduce productivitatea metodei. Se utilizează la obţinerea plăcilor din PVC dură. În acest scop în prese hidraulice se pun pachete de foi subţiri din PVC, se încălzesc, se presează şi se răcesc sub presiune.

Sudarea. Este o metodă de asamblare a semifabricatelor şi se aplică numai materialelor termoplastice. Principiul ce stă la baza sudării este încălzirea suprafeţelor de sudat pînă la temperatura de topire, cînd se produce coliziunea suprafeţelor în contact. Încălzirea se poate face cu curenţi de înaltă frecvenţă (în cazul unor polimeri polari), cu impuls termic sau cu agenţi termici gazoşi.

16.2.2. PRELUCRAREA MATERIALELOR PLASTICE TERMOREACTIVE (TERMORIGIDE)

Materialele plastice termorigide rezultă din sinteză ca materiale cu capacitate de a reacţiona în continuare sub influenţa căldurii, de unde denumirea: termoreactive. Ele reprezintă stări intermediare în care formaţiile moleculare nu au mărimea unui edificiu macromolecular, dar au capacitatea de a se transforma în polimeri tridimensionali, ca urmare a unor reacţii chimice sub influenţa catalizatorilor sau a căldurii. Starea intermediară îngăduie aducerea materialului la o formă convenabilă (adică formarea) după care urmează aproape concomitent reacţia de transformare chimică care duce la formarea unei macromolecule tridimensionale uriaşe. Mărimea edificiului molecular este nedefinibilă, din cauza insolubilităţii şi a infuzibilităţii materialului. Această stare este obţinută deci abia în forma obiectului finit, în matriţă. Din cauza bunei rezistenţe termice şi a formelor finale materialele poartă şi numele de termorigide. În general răşinile termoreactive se utilizează în amestec cu materiale de umplutură, care au un rol deosebit în modificarea proprietăţilor de exploatare. De la răşini casante se ajunge astfel la materiale (obiecte) cu rezistenţă la şoc foarte bună. Indiferent de tipul materialului de umplutură folosit (făină de lemn, praf de celuloză, pulberi minerale, bucăţi de textile, bucăţi de hîrtie, fibre scurte de sticlă etc.), procedeele de prelucrare ale materialelor termoreactive apelează, în general, la acţiunea combinată a energiei mecanice şi termice.

Presarea. Este cel mai utilizat procedeu de formare a materialelor termorigide. Ea permite obţinerea cu viteze destul de mari a obiectelor de cele mai diferite forme şi mărimi. Formarea în matriţă necesită folosirea unor forţe mari, care să comprime materialul silindu-l să ia contact cu pereţii încălziţi ai matriţei. Utilajele folosite în acest scop sînt presele. Ele pot fi de cele mai diferite tipuri constructive, avînd posibilitatea de a dezvolta forţe utile între 5—5000 tf. Forma obiectului este impusă de matriţă, care este alcătuită (fig. 16.21) din mai multe părţi şi e prevăzută cu sistem de încălzire. O grijă deosebită trebuie acordată proiectării obiectelor pentru formarea în matriţe. Regulile de proiectare a obiectelor din metal se aplică într-o măsură neînsemnată la proiectarea celor din materiale plastice. Cu scop informativ, se dau cîteva indicaţii privitoare la modul de proiectare al obiectelor (respectiv a matriţelor) în fig. 16.22 — 16.26.

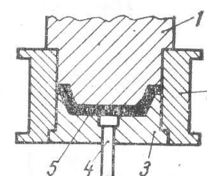


Fig. 16.21. Schema unei matriţe:
1 — poanson; 2 — bazin; 3 — fundul bazinului; 4 — aruncător; 5 — obiectul format

Principiul formării prin presare este simplu. Materialul de presare se încarcă în matriţă ca pulbere sau pastile, eventual preîncălzite, apoi matriţa se închide. Sub acţiunea căl-

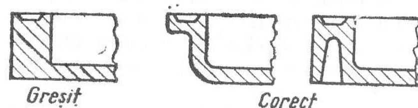


Fig. 16.22. Alegerea grosimii pereților

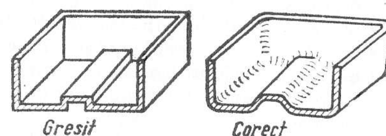


Fig. 16.23. Racordarea suprafețelor

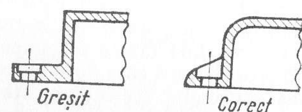


Fig. 16.24. Consolidarea urechilor de prindere

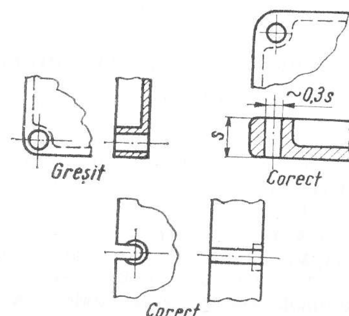
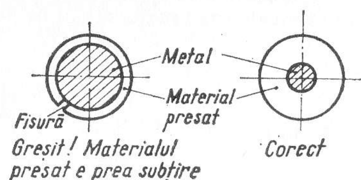


Fig. 16.25. Plasarea găurilor pentru trecerea șuruburilor



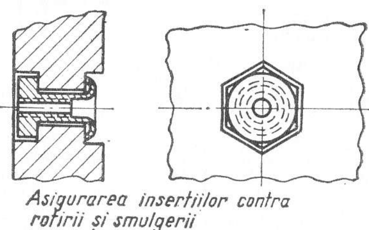


Fig. 16.26. Fixarea inserțiilor în obiectele formate

Fig. 16.27. Schema unei matrițe pentru presare prin transfer:

1 — piston; *2* — matriță superioară; *3* — canale de curgere; *4* — piesă presată; *5* — canale de încălzire

durii și a presiunii, materialul se topește, curge, și ia forma matriței. Piesa se menține sub presiune un timp, reglat după grosimea peretelui, pînă la terminarea reacției de reticulare. Apoi matrița se deschide și piesa este împinsă afară cu ajutorul aruncătorului. Operațiile de formare prin presare sînt comune pentru toate materialele, condițiile însă în care se face presarea diferă de la material la material (tabelul 16.6).

Presarea prin transfer. Este un procedeu prin care se înlătură unele inconveniente ale presării directe prin folosirea unui utilaj special (fig. 16.27).

Extrudarea. Acest procedeu este mai puțin răspîndit pentru formarea materialelor termoreactive, din cauza dificultăților pe care le prezintă. Prin extrudare se fabrică (din rășini fenolice, ureo-formaldehidice sau compounduri ale acestora cu poli [clorura de vinil]), profile de diferite forme și dimensiuni utilizate pentru montarea panourilor, culise sau tuburi pentru industria electrotehnică și chimică.

Injecția Este un procedeu rar folosit pentru prelucrarea termoreactivelor. Există totuși posibilitatea prelucrării prin acest sistem pe utilaje cu principiu de funcționare saemănătoar cu cel de la termoplaste, dar cu modificări constructive de amănunt.

16.2.3. MATERIALE PLASTICE ARMATE

Realizarea materialelor plastice armate, în special cu fibre de sticlă, are drept scop obținerea unor rezistențe maxime, la o greutate minimă. Aceste materiale sînt folosite în cele mai variate domenii: construcții, electrotehnică, arhitectură, construcții de mașini etc. Materialele plastice armate sînt materiale care, structural, reprezintă o asociație mecanică de fire sau de fibre flexibile de sticlă cu un material plastic în general de tipul termorigid. Proprietățile materialului finit pot fi impuse atît prin alegerea materialului plastic cît și prin alegerea formei și tipului armăturii. Ca materiale plastice se utilizează: poliesteri nesaturați, rășini epoxidice, rășini fenolice, rășini melaminice, rășini siliconice etc. Rolul rășinii este acela de a asigura rigiditatea armăturii în formă finală.

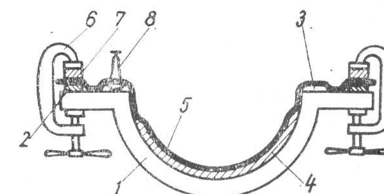


Fig. 16.28. Procedeul de formare cu vid cu ajutorul sacului de cauciuc:

1 — matriță; *2* — garnitură; *3* — pîslă; *4* — stratificat; *5* — sac de cauciuc; *6* — clemă; *7* — ramă; *8* — legătura la vid

Formarea obiectelor din materiale stratificate se poate efectua prin: procedeul prin contact — cînd straturile de armătură se impregnează cu rășină prin pensulare sau prin pulverizare și apoi se presează cu un valț de cauciuc sau cu mîna; prin procedeul cu vid (fig. 16.28) pe forma cu armătura impregnată se aplică o foaie flexibilă care se prinde într-o ramă și apoi se trage la vid. Aerul presează foaia pe armătura impregnată cu o presiune de $\approx 0{,}6$ daN/cm^2.

Tabelul 16.6

Unele caracteristici ale prelucrării materialelor termoreactive prin presare

Material plastic	Uşurinţa formării	Temperatura de formare prin presare, °C	Presiunea de formare p, daN/cm²	Raportul volumul prafului şi al obiectului format	Contracţie, %
Fenoplaste:					
fără umplutură	Acceptabilă	130–160	140–350	2,0–2,6	1–1,2
cu umplutură:					
— făină de lemn şi bumbac	Excelentă	150–170	250–400	2,2–4,4	0,5–0,9
— asbest	Acceptabilă–bună	150–170	300–500	2–12,5	0,1–0,5
— mică	Acceptabilă-bună	130–175	110–220	2,1–2,7	0,1–0,4
— ţesătură şi cord	Acceptabilă-bună	150–170	250–600	4–18	0,2–0,6
Fenol-furfurol cu umplutură:					
— făină de lemn	Excelentă	140–200	70–350	2,2–3	0,5–1
— minerală	Bună	135–190	70–420	2–8,5	0,2–0,6
— ţesătură	Bună	135–190	70–560	2,1–15	0,2–0,7
Uree-formaldehidă cu umplutură:					
— alfaceluloză	Excelentă	140–160	105–420	2,2–3	0,6–1,4
Melamină-formaldehidă cu umplutură:					
— alfa-celuloză	Excelentă	140–160	200–400	2,1–3,1	0,6–1,5
— asbest	Bună	140–170	170–490	2,1–2,5	0,4–0,7
— ţesătură	Bună	135–170	210–350	5–10	0,3–0,5
Anilină-formaldehidă fără umplutură	Acceptabilă	150–170	105–120	2,5–2,3	0,2–0,3
Cazeină	Grea	100–110	140–175	—	—

16.3. ACOPERIRI CU MATERIALE PLASTICE

Tehnica modernă a soluţionat problema acoperirii cu straturi protectoare cu materiale plastice a suprafeţelor de metal, lemn sau beton prin metoda aplicării prin pulverizare la cald.

Principiul pulverizării la cald constă în trecerea materialului plastic sub formă de pastă sau pulbere printr-o flacără deschisă inelară. Datorită căldurii materialul se topeşte şi sub presiunea aerului se depune într-un strat fin pe suprafaţa piesei de protejat. Pentru pulverizare se utilizează dispozitive cu aer comprimat, care pot antrena fie dispersii vinilice (policlorura de vinil plastifiată), fie pulberi fine de polimer (poliamide, polistiren, polimetacrilat de metil, polietilenă etc.). Pentru încălzire se utilizează dispozitive speciale în care se arde un gaz combustibil. Încălzirea este făcută în aşa fel încît materialul să devină plastic sau să se topească fără a se degrada. Conductibilitatea termică mică a materialelor plastice este compensată de dispersarea lor în particule foarte fine. Timpul de încălzire se reglează prin viteza materialului în aparat. Acest sistem de acoperire are mari aplicaţii în industria constructoare de maşini.

16.4. POLIMERI CU UTILIZĂRI ÎN INDUSTRIA CONSTRUCTOARE DE MAŞINI

Problema prelucrării materialelor plastice este complexă şi, aşa cum s-a arătat, este în permanentă dependenţă de proprietăţile materialului de prelucrat. Totuşi preocuparea cea mai importantă rămîne utilizarea acestor materiale la locul potrivit. Alegerea corespunzătoare a materialului este tributară într-un grad mai mare caracteristicilor şi a schimbărilor lor în condiţiile de exploatare.

Problema de bază la alegerea unui material plastic este deci cunoaşterea exactă a modului cum va răspunde în condiţiile de folosire şi apoi a tehnologiei prelucrătoare corespunzătoare realizării piesei. În vederea unei bune orientări în alegerea unui material plastic, este necesară cunoaşterea unor indici minimi cum sînt: greutatea specifică, modulul de elasticitate, rezistenţa la tracţiune, rezistenţa la şoc, stabilitatea termică a formei, temperatura de descompunere.

Trebuie reţinut faptul că indicii fizico-mecanici nu au valori fixe, ci dependente de temperatură şi de timp. Unii indici, ca rezistenţa la rupere, modulul de elasticitate, cresc odată cu scăderea temperaturii, în timp ce alţii, ca rezistenţa la şoc, rezistenţa la compresie, rezistenţa la încovoiere, scad în aceste condiţii. Aceste schimbări ale valorilor rezistenţelor mecanice se manifestă printr-o casanţă mărită, concomitentă cu o modificare a stabilităţii formei.

Se accentuează de asemenea asupra faptului că fiecare producător livrează la acelaşi tip de polimer sortimente (indicate prin litere şi cifre) care pot diferi mult faţă de valorile standard din tabele.

BIBLIOGRAFIE

1. BERNHARDT, E. C. *Pererabotke termoplasticenîh materialov.* Moscova, Gosudarstvenoie naucino-tehniceskoie izdatelistvo himiceskovo literaturî, 1962.
2. CHRISTOPHER, W. F. *Polycarbonates,* Reinold Publishing Co. New-York, 1962.
3. GOSSOT, J. *Les matières plastiques.* Paris, Dunod, 1968.
4. HEINRICH, W. *Grundstätze der Plastanwendung.* Leipzig, VEB Deutscher Verlag für Grundstoff-industrie, 1963.
5. HOUWINK, R. şi STAVERMAN, A. J. *Chemie und Technologie der Kunststoffe* .Akademischer Verlag. Leipzig, 1963.
6. MIHAIL, R. şi GOLDENBERG, N. *Prelucrarea metalelor plastice.* Bucureşti, Editura tehnică, 1963.
7. NITSCHE, W. *Kunststoffe.* Berlin, Springer Verlag, 1961.
8. SCHRADER, E. C. *Prelucrarea şi sudarea materialelor plastice* Bucureşti, Editura tehnică, 1962.

III. PRINCIPII DE PROIECTARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE DE PRELUCRARE

17. PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE

17.1. PROBLEME CU CARACTER GENERAL LA PROIECTAREA UNUI PROCES TEHNOLOGIC

La elaborarea procesului tehnologic de prelucrare trebuie să se înceapă prin analizarea caracteristicilor constructive și dimensionale ale piesei, a condițiilor de precizie dimensională și de formă și a calității suprafețelor prelucrate. Pe baza acestei analize se va stabili procedeul tehnologic optim prin studierea mai multor variante.

Factorii principali de care se va ține seama la alegerea variantei sînt: proiectul de execuție a produsului, utilajul disponibil, caracterul producției, semifabricatul folosit, organizarea procesului de fabricație, cadrele disponibile, condițiile de muncă.

17.1.1. PROIECTUL DE EXECUȚIE AL UNUI PRODUS

Proiectul de execuție al unui produs formează documentul de bază pentru elaborarea procesului tehnologic. El trebuie să cuprindă, fără echivoc, toate elementele necesare execuției, pînă la punerea în funcțiune a produsului proiectat.

Un proiect de execuție complet trebuie să cuprindă: borderoul de desene, nomenclatorul de piese, desenul de ansamblu general, desenele de subansamblu, desenele de detaliu pentru fiecare piesă componentă, memoriul justificativ de calcule, documentele tehnice.

a. În borderoul de desene sînt enumerate piesele desenate care fac parte din proiect În rubricile borderoului de desene se trece denumirea fiecărui desen, numărul desenului, formatul fiecărui desen și numărul planșelor, dacă vreun desen se compune din mai multe planșe. Borderoul de desene servește la identificarea desenelor și orientează tehnologul asupra volumului proiectului, exprimat prin număr total și prin forma pieselor desenate. Borderoul de desene se întocmește după indicațiile date în STAS 4659-65.

b. Nomenclatorul de piese conține o listă a reperelor fiecărui subansamblu. Nomenclatorul de piese conține indicații asupra calității materialului fiecărui reper, a greutății brute și nete și altele.

c. Desenul de ansamblu general conține toate vederile și secțiunile necesare identificării subansamblurilor. Pe acest desen se trec numai cotele principale, și dacă este cazul, și cotele de legătură cu alte elemente. Tot pe ansamblul general se trec într-un text scurt valorile caracteristice: putere, moment, curse, viteze etc., care permit determinarea produsului reprezentat pe desen.

d. Desenele de subansamblu vor conține toate elementele necesare identificării pieselor componente și cele necesare montării: indicarea ajustajelor, datele funcționale caracteristice ale pieselor, de exemplu: numărul de dinți la roțile dințate, modulul, jocul între flancuri etc., cotele de legătură cu subansamblurile învecinate și toate particularitățile care privesc montarea subansamblului în cauză.

e. Desenul de execuție pentru o piesă componentă oarecare trebuie în așa fel întocmit, încît piesa să fie complet determinată ca: formă, dimensiuni, material și calitate a suprafeței. În cazul studiului sau verificării unui desen de execuție trebuie urmărită continuu problema economicității prelucrării. Indicarea rugozității suprafeței prin notațiile corespunzătoare trebuie făcută în concordanță cu rolul funcțional pe care îl are suprafața respectivă în ansamblu; impunerea unor suprafețe mai fin prelucrate decît este necesar are ca urmare o scumpire nejustificată a produsului. Aceeași problemă se pune și la indicarea toleranțelor. Se vor aplica toleranțe numai dimensiunilor funcționale, adică numai acelora care sînt determinante pentru buna funcționare a mașinii. Abuzul prescrierii de toleranțe duce de asemenea la scumpirea produsului.

f. Memoriul justificativ de calcule reprezintă documentul în care proiectantul își expune ideile de concepție, justificînd datele caracteristice, arătînd calculele principale cinematice, calculele de rezistență, calculele termice, hidraulice, dacă este cazul de asemenea și unele calcule deosebite privind unele organe componente, ca de exemplu: calculul angrenajelor, calculul ungerii hidrodinamice (în cazul lagărelor de alunecare cu viteză ridicată a fusului) și altele similare.

g. Documentele tehnice se compun din patru piese scrise și anume: directivele tehnologice, memoriului tehnic, cartea mașinii și caietul de sarcini.

Directivele tehnologice cuprind recomandări privind unele particularități la fabricația unor repere importante ale produsului proiectat sau indicații privind încercarea unor organe proiectate înainte de utilizarea lor definitivă sau condiții speciale de control tehnic etc.

Memoriul tehnic este documentul care orientează executantul asupra caracteristicilor produsului proiectat, asupra funcționării lui, asupra calității și a performanțelor acestuia, asupra particularităților tehnice etc. Memoriul tehnic va cuprinde tema de proiectare, justificarea soluțiilor adoptate în proiect, avantajele și dezavantajele pe care le prezintă soluția constructivă aleasă, în comparație cu alte produse similare, indicînd și documentația utilizată. De asemenea se vor arăta, în domeniul tehnic, calitățile economice pe care le oferă soluția constructivă a produsului proiectat: productivitate, consum de combustibil, consum de energie, randament etc. Se va descrie funcționarea produsului proiectat în baza schemelor explicative legate de aceasta și se vor preciza particularitățile care asigură buna funcționare, de exemplu calitatea uleiului pentru acționarea hidraulică, calitatea și modul de finisare a suprafețelor elementelor lagărelor speciale cu mai multe suprafețe portante, calitatea lubrifianților pentru fiecare loc de ungere, temperaturile de funcționare, jocurile funcționale admisibile pentru rulmenți, angrenaje și alte date similare.

Cartea mașinii este documentul în care sînt cuprinse indicații asupra modului de exploatare și de întreținere.

Caietul de sarcini conține condițiile de omologare, respectiv condițiile de recepție a mașinii fabricate. În caietul de sarcini se vor preciza problemele de verificare și limitele abaterilor admise pentru fiecare caracteristică sau performanță a mașinii. Pentru executarea fiecărei probe se vor indica instrumentele de măsurat, eventual și piesele de probă și, bineînțeles, condițiile în care trebuie executate probele.

17.1.2. ALEGEREA UTILAJULUI NECESAR PRELUCRĂRII

La elaborarea procesului tehnologic se va ține seama de dotarea și posibilitățile de dotare a întreprinderii cu mașini-unelte și alte utilaje. Este necesară cunoașterea utilajului și încărcarea lui. Este bine însă să nu se admită o influență prea mare a utilajului existent, ținînd seama că procedeele tehnologice trebuie perfecționate continuu, că

apar procedee noi și deci este necesar și utilaj nou. Pe baza unor calcule tehnico-economice se poate justifica, în cele mai multe cazuri, necesitatea procurării utilajelor noi de productivitate mai bună, care asigură o calitate superioară și o reducere a prețului de cost.

De multe ori, printr-o examinare atentă se poate realiza o modernizare a utilajului existent, se pot confecționa dispozitive, scule, se pot mecaniza anumite operații, în așa fel încît să se ridice productivitatea chiar la utilajul mai vechi.

În vederea ușurării alegerii tipului de mașină-unealtă, pe care urmează a se executa prelucrarea unei suprafețe, se face o clasificare a acestora. După criterii tehnologice, mașinile-unelte se pot clasifica în:

— mașini-unelte de utilizare generală, mașini universale;
— mașini-unelte de înaltă productivitate, caracterizate printr-o putere mare și rigiditate bună;
— mașini-unelte specializate, la care prin adoptarea anumitor dispozitive se pot efectua lucrări speciale;
— mașini-unelte agregate, pe care se pot efectua diferite operații;
— mașini-unelte speciale la care se pot efectua numai lucrări specifice.

Alegerea tipului și dimensiunii mașinilor-unelte se face pe baza caracteristicilor producției și a semifabricatelor care urmează a fi prelucrate. La o producție de serie mică, cînd la aceeași mașină urmează să se execute mai multe operații, ea trebuie să corespundă condițiilor de trecere ușoară de la o operație la alta.

La producția de masă, unde fiecare mașină execută o singură operație, trebuie să se aleagă o mașină-unealtă de înaltă productivitate.

Pentru alegerea tipului și dimensiunii mașinii-unelte trebuie să se ia în considerare următorii factori:

— felul prelucrării ce trebuie executată (strunjire, frezare, găurire etc.);
— care sînt dimensiunile semifabricatului, pentru ca dimensiunile utile ale mașinii-unelte să corespundă;
— schema cinematică a mașinilor-unelte, avînd în vedere concordanța cu regimul de așchiere ales și cu materialul de prelucrat;
— puterea efectivă a mașinii-unelte, pentru a se putea realiza regimul admis;
— precizia de prelucrare a mașinii-unelte să fie în concordanță cu precizia cerută la prelucrare.

Trebuie să se mai țină seama și de:
— gradul de utilizare al mașinii-unelte;
— costul mașinii-unelte;
— gradul necesar de concentrare a lucrărilor;
— productivitatea mașinii-unelte;
— gradul de mecanizare și automatizare.

Pentru a cunoaște care este numărul de mașini-unelte necesar pentru executarea unui produs, trebuie stabilit volumul de lucru al prelucrărilor mecanice. Volumul de muncă pentru diferitele categorii de mașini-unelte se cunoaște din documentația tehnologică. Numărul de piese care urmează să se prelucreze se calculează ținînd seama de planul de producție, în care sînt prevăzute mașinile ce urmează a se fabrica. Știind că la o mașină sînt necesare piese de un anumit tip (exemplu: arbori), atunci numărul total de piese care trebuie prelucrate va fi:

$$p_a = p_1 P_r \left(1 + \frac{k}{100}\right) \tag{17.1}$$

în care: p_1 reprezintă piese pe mașină, buc.; P_r — numărul de mașini fabricate anual buc.; k — un coeficient prin care se ține seama de piesele care trebuie prelucrate fie ca piese de rezervă, fie pentru completare în caz de rebuturi.

Stabilirea numărului de mașini-unelte se face și în funcție de fondul de timp disponibil. În mod obișnuit, fondul de timp disponibil se calculează ținînd seama de numărul de zile lucrătoare dintr-un an și de numărul de schimburi. Este de reținut că dacă se lucrează în două sau trei schimburi numărul de ore nu crește de două sau de trei ori În acest caz se va lua în considerare un coeficient de reducere și anume se poate admite. pentru două schimburi 97%, iar pentru trei schimburi ≈ 95% din numărul total de ore.

Fondul de timp real F_r se calculează cu relația:

$$F_r = \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) F_a \tag{17.2}$$

în care: F_a este fondul de timp anual, ore; $\alpha = 4 \dots 6$ este un coeficient de opriri.

În calcule trebuie să se țină seama, de asemenea, în cazul producției de serie mică, de timpul de pregătire și încheiere, de numărul de reglări.

Numărul teoretic necesar de mașini N_{tm} va fi dat de relația

$$N_{tm} = \frac{T_{ef} P_a}{F_r 60} \tag{17.3}$$

în care: T_{ef} reprezintă timpul efectiv pentru prelucrarea unei piese; P_a — numărul de piese, anual, buc.

La producție de serie mare sau de masă se calculează ritmul producției R_p cu relația:

$$R_p = \frac{F_r\, 60}{P_a}\ \text{[min/buc.]} \tag{17.4}$$

Numărul necesar de mașini se poate calcula și cunoscînd ritmul producției:

$$N_{tm} = \frac{T_{ef}}{R_p}.$$

Pentru o producție în serie, prelucrarea făcîndu-se în mai multe loturi de produse, se ține seama și de timpul de pregătire și încheiere. Numărul teoretic de mașini va fi dat atunci de relația:

$$N_{tm} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{efi} P_{ai} + \sum_{i=1}^{n} T_{pi} k_i}{F_r\, 60} \tag{17.5}$$

în care: T_{pi} reprezintă timpul de pregătire și încheiere, min; k_i — numărul de loturi pentru diferite operații.

Numărul teoretic obținut poate să fie fracționar. În acest caz, numărul se rotunjește la întreg, fie neglijînd fracționarea, fie rotunjind în plus.

După calcularea numărului de mașini trebuie să se facă o analiză a gradului de utilizare. Se va stabili astfel dacă alegerea mașinii-unelte s-a făcut bine. În cazul în care

rezultă un număr mare de mașini, trebuie analizat dacă nu se pot alege mașini-unelte de mare productivitate. Sau, dacă rezultă necesitatea folosirii unor mașini-unelte scumpe, dacă nu pot fi folosite mașini mai economice.

Calcule de verificare trebuie făcute și din punct de vedere al capacității de lucru a mașinii, puterea motorului, utilizarea capacității maxime de așchiere la mașini cu mai multe scule etc.

Calculul se va face deci ținîndu-se seama de toate elementele care influențează economicitatea prelucrării.

17.1.3. ÎNTOCMIREA DOCUMENTAȚIEI TEHNOLOGICE

Întocmirea documentației tehnologice se face după ce în prealabil s-au executat lucrările pregătitoare, expuse în continuare.

Se studiază în primul rînd documentația tehnică a mașinii care urmează a se fabrica, se va face o analiză a condițiilor de precizie, a condițiilor de exploatare. În acest scop se vor preleva lanțuri de dimensiuni.

Pe baza condițiilor de precizie se vor stabili procedeul tehnologic, utilajele și cadrele necesare. De asemenea se va studia necesarul de SDV-uri. După această pregătire se poate trece la stabilirea elementelor principale ale procesului tehnolgic. Se vor stabili astfel:

— felul și dimensiunile semifabricatelor sau laminatelor;

— ordinea operațiilor;

— modul în care se va face așezarea, cu stabilirea bazelor de așezare pentru fiecare operație;

— calculul adaosurilor de prelucrare;

— mașinile-unelte la care urmează să se execute operațiile de prelucrare;

— precizări privind dimensiunea și felul sculelor;

— normele de timp pentru fiecare operație;

— calculul economic pentru mai multe variante, cu scopul stabilirii procedeului mai corespunzător.

După stabilirea acestor date se poate trece la întocmirea fișelor tehnologice și a planurilor de operații, se pot elabora desenele pentru SDV-uri, se întocmesc fișele de control.

Prin stabilirea variantei economice se ajunge la cunoașterea soluției concrete, care se poate aplica în uzina respectivă. O dată stabilite procedeele tehnologice, se poate trece la întocmirea documentației tehnologice.

Documentația tehnologică trebuie să conțină toate datele necesare pentru a se putea executa lucrarea în cele mai bune condiții. Între altele, documentația tehnologică trebuie să precizeze mașina-unealtă pe care se va face prelucrarea, sculele și precizia lor, dispozitivele care se vor folosi, regimul de așchiere. La baza întocmirii documentației tehnologice stă nomenclatorul de piese.

17.1.3.1. FIȘA TEHNOLOGICĂ (tabelul 17.1). Fișa tehnologică trebuie să cuprindă toate datele necesare prelucrării. În funcție de tipul producției diferă și conținutul fișei tehnologice. În fișa tehnologică se face o înșiruire a succesiunii operațiilor.

Dacă în procesul tehnologic intervine o modificare, se întocmește o altă fișă. Fișa tehnologică poate fi folosită uneori și ca document pentru antecalculul prețului de cost.

Tabelul 17.1

Fişă tehnologică

Întreprinderea: Secţia: Teh.	0000	000	00	90	80	70	60	50	40	30	20	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

FIŞĂ TEHNOLOGICĂ Prelucrare mecanică Nr.	Produsul .... Simbol .... Ansamblul .... Piesa	Schiţa piesei
Nr. reper	Desen.......... Poz .... buc./prod	Valabil pentru seria de ...... buc.

Material (STAS)	Calitate (stare)	Secţiunea (profil)	Unit. măs.	Necesar pentru 1 buc.	Valoarea materialului		Valoarea totală manoperă		Întocmit tehnolog:	Verificat tehnolog:
					Preţ unitar	Pe buc.	Pregătire	Pe buc.	Normativ:	Verificat normativ:

Operaţia		Utilajul					Indicaţii tehnologice	Buc. prelucrate simultan	Echipa		Timp normat min/maş.		Norma, lei		% din lucrare
Nr.	Denumirea	Atelier	Maşina, loc lucru	Dispozitive	Scule	Verificatoare			Deserv.	Grupa categ.	Pregătire	Unităţi	Pregătire	Unităţi	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1															
2															

17.1.3.2. PLANUL DE OPERAŢII (tabelele 17.2 şi 17.3). Planul de operaţii pune la îndemîna muncitorului un proces de prelucrare întocmit după criterii ştiinţifice, bazat pe cele mai recente rezultate practice şi în aşa fel stabilit, încît succesiunea operaţiilor şi a fazelor de lucru, să fie univocă şi complet determinată, scutind muncitorul sau maistrul de a adopta soluţii de moment. Planul de operaţii conţine, prin urmare, un studiu detaliat al procesului tehnologic de prelucrare mecanică. Felul prelucrărilor şi succesiunea operaţiilor se stabilesc de către inginerul tehnolog, după criterii corespunzătoare tehnicii avansate şi în funcţie de utilajul existînd în uzina respectivă.

Elementul principal al planului de operaţii este operaţia. Fiecare operaţie este tratată separat pe cîte o filă, ea fiind descompusă şi analizată în cele mai mici amănunte. Această analiză se referă însă nu numai la operaţie, la fazele ei, la treceri, la aşezările şi poziţiile piesei în decursul prelucrării, ci corespunde şi precizează maşina-unealtă, SDV-urile, agentul de răcire, regimul de aşchiere, schiţa despre felul aşezării piesei pe maşină sau în dispozitiv, cu indicarea suprafeţelor care trebuie prelucrate. Indicaţiile tehnologice trebuie date clar şi precis (şi unde este cazul, conform STAS) pe fila planului de operaţii, pentru fiecare dintre elemente, pentru a exclude orice echivoc.

Rezultă că fila de operaţii este destinată locului de muncă la care se execută operaţia, ea trebuie să asigure muncitorului toate datele şi indicaţiile necesare intervenţiilor sale în vederea executării prelucrărilor cuprinse în operaţia în cauză. Aceste indicaţii trebuie respectate întocmai, nerespectarea lor (abatere de la disciplina tehnologică) ducînd uneori la o scădere a productivităţii muncii şi, aproape întotdeauna, la scăderea calităţii.

Totalitatea filelor de operaţii care se referă la prelucrarea uneia şi aceleiaşi piese formează planul de operaţii. Tehnologul de sector supraveghează desfăşurarea procesului tehnologic, pe baza acestui plan de operaţii. Pe coperta planului de operaţii sînt prevăzute caracteristicile semifabricatului, cantitatea de materiale prevăzute în planul de operaţii, data întocmirii planului, numele tehnologului proiectant etc.

Utilizarea planului de operaţii este absolut necesară pentru buna desfăşurare a procesului tehnologic de prelucrare şi constituie o necesitate imperioasă pentru ridicarea nivelului tehnic al uzinei.

17.1.4. TIPIZAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE

În construcţia de maşini are o importanţă deosebită tehnologicitatea maşinilor şi economicitatea proceselor tehnologice aplicate. În vederea obţinerii unei bune tehnologicităţi, a unei prelucrări economice, trebuie create premizele posibilităţii folosirii unor procese tehnologice care să se poată aplica unui număr cît mai mare de piese similare.

Mijloacele şi metodele moderne de producţie în construcţia de maşini sînt în prezent foarte diferite. Un număr de sute de mii de piese se execută astăzi, după diverse procedee tehnologice, la diferite utilaje, cu diferite scule şi dispozitive. Varietatea procedeelor tehnologice este atît de mare, încît aceeaşi piesă se execută prin procedee tehnologice diferite, de multe ori chiar la aceeaşi uzină. Volumul de muncă pentru confecţionarea aceleiaşi piese poate să difere de zeci şi chiar de sute de ori. Diferenţele atît de mari se datoresc faptului că dezvoltarea tehnică a intreprinderilor este foarte neuniformă, iar programul de producţie este foarte diferit. Pentru eliminarea acestor nepotriviri, pentru îmbunătăţirea tehnologicităţii şi productivităţii este foarte eficace tipizarea proceselor tehnologice la piese care prezintă asemănări.

Problema tipizării proceselor tehnologice se pune numai la producţia de serie mică sau unicate. La producţia de serie mare sau de masă, se aplică procese tehnologice

Tabelul 17.2

Coperta planului de operații

0000	000	00	90	80	70	60	50	40	30	20	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

Întreprinderea		PLAN DE OPERAȚII pentru prelucrări mecanice COPERTA	Reper nr.
			Desen nr. | Poziția
Secția		Produsul ______	Total file | Total operațiuni
		Simbol ___ Ansamblu ______	Copia nr. | Data copierii
Atelierul		Denumirea piesei ______	Aparține
Valabil pentru seria de bucăți	Bucăți pe produs	Asamblat cu reperele	

	Denumirea materialului					Observații
STAS	Calitatea (starea)		Secțiunea (profilul)		Caracteristici tehnice	
Unitate de măsură	Necesar pe bucată		Necesar pe produs	Nr. desen forjă	Nr. desen turnătorie	
	Neto	Bruto				

LEGENDĂ

a	Adîncimea de așchiere, mm	t	Toleranța de prelucrare a fazei	+ + + Suprafața de fixare a piesei
s	Avansul, mm/rot (cursă)	T_b	Timp de bază	
v	Viteza de așchiere, m/min	T_a	Timp ajutător	
n	Numărul de rot (curse) pe min	T_e	Timp efectiv $T_e = T_b + T_a$	√ Direcția de stringere
i	Numărul de treceri succesive (șpanuri)	T_t	Timp adaos deservire tehnică (în % din T_b)	
l_c	Lungimea de calcul a piesei	T_0	Timp adaos de deservire organizatorică (în % din T_e)	Suprafața de prelucrare
l_p	Lungimea de prelucrare (fără majorare)	T_u	Timp unitar $T_u = T_e + T_t + T_0$	
d	Diametrul (lățimea) piesei	T_p	Timp de pregătire	

Tabelul 17.3

Plan de operații pentru prelucrări mecanice

ÎNTREPRINDEREA	Plan de operații pentru lucrări mecanice Nr	Sector	Copia nr.	Piesa	Reper nr.
				Produsul	Pagina | Pagini

Schița operației

Operația			Nr.	Cod.	Linia		Piesa pe produs
Material	Calitate	Stare	Execuție		Dimensiuni	Greutate	Piesa / Bucată
	Data	Numele	Semnătura	Mașina		Norma	
Conceput						T_p	
Verificat						T_b	
Desenat				Caracteristici		T_a	
Normat						$T_b + T_a$	
				Rărirea		T_u	
Aprobat				Nr. inv.		Grup. / Categ.	

Dispozitive	Poz.	Denumirea	Desen

Data	Nr.	Modificări	Semnătura	Data	Nr.	Modificări	Semnătura

Nr. fazei	Denumirea fazei	Scule tăietoare			Scule ajutătoare		Verificatoare		Regim de așchiere					Norma		
		Denumirea	Material	Desen	Denumirea	Desen	Denumirea	Desen	a	s	v	n	i	T_b	T_a	Baza
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1																
2																

verificate și îmbunătățite, pe baza folosirii pe o durată lungă de timp a aceluiași proces tehnologic.

Elementele comune care se iau în considerare la întocmirea procesului tehnologic tip sînt:

— metoda cea mai perfecționată de elaborare a semifabricatelor;
— utilajul să fie identic ca dimensiune și tip;
— metodele de alegere a bazelor de referință și de fixare să fie aceleași;
— ordinea executării operațiilor de prelucrare mecanică să fie aceeași, pentru toate piesele cuprinse în procesul tehnologic tip.

Tipizarea proceselor tehnologice trebuie să aibă la bază, în primul rînd o clasificare a pieselor de prelucrat și a proceselor tehnologice. Pentru aceasta trebuie să se facă un studiu amănunțit asupra proceselor tehnologice, asupra formei constructive a pieselor, asupra materialelor folosite și a procedeelor de elaborare a semifabricatelor.

Tipizarea proceselor tehnologice trebuie să înceapă cu clasificarea pieselor (tabelul 17.4).

Tabelul 17.4

Clasificarea pieselor de mașini

Categoria	Clasa	Grupa
Piese standardizate	1. Organe de formă prismatică	— Pene, liniare, echere — Plăci de tușat, mese de trasat etc. — Piulițe
	2. Organe de forma corpurilor de rotație	— Știfturi buloane — Șuruburi — Rondele — Supape
	3. Organe de formă complexă	— Armături
Piese specifice	1. Organe de formă prismatică	— Plăci, capace — Batiuri, console, suporți, sănii, glisiere — Carcase
	2. Organe de forma corpurilor de rotație	— Arbori, osii, leviere — Discuri, roți, volanți — Bucșe, flanșe, cuzineți — Roți dințate
	3. Organe de formă complexă	— Piese cu mai multe axe (arbori cotiți excentrici) — Piese cu axe concurente (cruci cardanice, osii articulate) — Piese cu suprafețe elicoidale (bare filetate, șuruburi conducători, melci)

Forma constructivă a piesei determină alegerea utilajelor pentru prelucrare, alegerea sculelor, regimurilor de lucru etc. Materialul și procedeul tehnologic folosite la elaborarea semifabricatelor determină de asemenea alegerea procedeului de prelucrare, a sculelor, regimului de așchiere etc.

Elaborarea și fundamentarea principiilor de proiectare a proceselor tehnologice, clasificarea pieselor, tipizarea proceselor tehnologice contribuie la dezvoltarea tehnologiei construcției de mașini.

Fundamentarea acestor probleme conduce la posibilitatea generalizării soluțiilor tehnologice și astfel la obținerea unor procese tehnologice optime.

La tipizarea proceselor tehnologice trebuie să se țină seama de condițiile concrete din cadrul fiecărei întreprinderi.

Pentru stabilirea proceselor tehnologice tip, trebuie să se pornească de la normalizarea pieselor și a suprafețelor acestora. Aplicînd la prelucrare principiul succesiunii proceselor tehnologice, se ajunge la posibilitățile generalizării unei anumite tehnologii. Prin formarea unei serii tehnologice se creează condițiile de lucru similare unei producții de serie.

Tipizarea proceselor tehnologice prezintă o serie de avantaje, deși în prima fază ea necesită un volum de muncă destul de mare. Astfel prin tipizarea proceselor tehnologice se va stabili metoda de aplicare a proceselor tehnologice înaintate, se pot stabili baze pentru tipizarea mașinilor-unelte și a dispozitivelor, se pot elabora scule speciale, se poate îmbunătăți organizarea secțiilor de prelucrare, se poate realiza o colaborare mai bună între întreprinderi. Din punct de vedere tehnico-economic se realizează o simplificare a proiectării, prin folosirea unor piese tipizate, o scurtare a timpului de pregătire a documentației pentru fabricație, prin trecerea de la producție de serie mică la producție de serie mare, crește productivitatea, se îmbunătățește norma de timp, se reduce prețul de cost.

O formă superioară de aplicare a proceselor tehnologice o formează tehnologia normalizată. Prin tehnologie normalizată se înțelege tehnologia care se aplică tuturor elementelor comune din seria respectivă de piese.

În construcția de mașini se poate realiza o unificare a produselor sau subansamblelor diferitelor produse. Prin unificare se realizează:

— o reducere a nomenclaturii pieselor;
— o scurtare a timpului de proiectare;
— o specializare a întreprinderilor;
— posibilitatea fabricării unor produse noi;
— se poate introduce producția în flux.

După datele constructive din acest punct de vedere, piesele se pot împărți în: piese normalizate, piese comune care se găsesc la toate mașinile (arbori, roți dințate etc.), piese speciale.

În ceea ce privește procesele tehnologice de fabricație se poate aplica tehnologia unică pentru toate cele trei categorii; tehnologia tipizată se poate aplica la primele două categorii, iar tehnologia normalizată se aplică numai la piesele normalizate.

Pentru a se putea aplica tehnologia normalizată se pune deci problema normalizării și unificării pieselor și a suprafețelor. Prin normalizarea proceselor tehnologice se creează condiții pentru automatizare și mecanizare complexă. Normalizarea este un mijloc important prin care se poate reduce prețul de cost al prelucrării mecanice.

17.2. INFLUENŢA VOLUMULUI PRODUCŢIEI ASUPRA PROIECTĂRII PROCESULUI TEHNOLOGIC

17.2.1. PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE PENTRU PRODUCŢIA DE UNICATE ŞI DE SERIE MICĂ

Aceasta se referă la programul de producţie pentru fabricarea maşinilor unicate sau într-un număr mic din aceeaşi maşină.

În cadrul întreprinderii se produce însă o mare diversitate de maşini. Un astfel de program de producţie necesită o pregătire deosebită a procesului tehnologic.

Pentru obţinerea unei mai bune productivităţi, se impune ca încă de la pregătirea procesului tehnologic să se studieze posibilităţile de grupare a pieselor astfel încît să se poată prelucra în loturi sau pe principiul tehnologiei de grup.

Procedeele de prelucrare folosite în aceste condiţii sînt foarte diferite, iar semifabricatele elaborate prin forjare sau turnare conţin adaosuri de prelucrare foarte mari.

Deoarece pregătirea şi dotarea tehnologică pentru o astfel de producţie este foarte costisitoare, pentru realizarea unei construcţii şi aplicarea unei tehnologii economice trebuie să se colaboreze între proiectant şi tehnolog pentru elaborarea unor produse, care să satisfacă ambele condiţii. Această colaborare este necesară şi din cauză că nu se pot stabili consumuri de materiale pe bază de normative, ci pe bază de experienţă sau după lista de materiale prevăzută de constructor.

Pentru prelucrare sînt folosite maşini-unelte universale care permit trecerea uşoară de la prelucrarea unei categorii de piese la alta. Pentru prelucrare se cere însă ca muncitorii să aibă o calificare ridicată deoarece dotarea cu SDV-uri este mai redusă, iar documentaţia tehnologică nu este stabilită pînă în cele mai mici amănunte, aceasta nefiind economic.

La asamblare se prevede, în majoritatea cazurilor, metoda asamblării prin ajustare.

Pentru eliminarea caracterului unei producţii de unicate se cere ca anumite elemente componente ale maşinii să fie normalizate, ceea ce ar schimba caracterul producţiei cel puţin parţial, putîndu-se ajunge, pentru aceste cazuri, la producţie de serie.

La producţia de unicate nu se poate folosi nici cooperarea între întreprinderi din cauza modificărilor frecvente ale tehnologiei. Ciclul de fabricaţie este lung. Din cauza unei slabe productivităţi şi a dificultăţilor de aplicare a unei tehnologii economice se impune ca un astfel de proces să se aplice numai în cazuri speciale şi pentru volum de produse cît mai mic. Se impune de asemenea ca de la proiectare, pentru astfel de maşini, să se prevadă cît mai multe elemente tipizate şi standardizate.

17.2.2. PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE PENTRU PRODUCŢIA DE SERIE

În domeniul construcţiei de maşini, producţia de serie este cea mai larg răspîndită Din punct de vedere tehnologic, aceasta se caracterizează prin efectuarea — după anumite perioade de timp — a aceloraşi operaţii asupra unor loturi de piese.

Pregătirea fabricaţiei şi a procesului tehnologic trebuie să fie făcută în mod detaliat. O dată cu întocmirea planului de desfăşurare a procesului tehnologic trebuie indicate concret datele necesare pentru prelucrare, pentru dispozitivele ce urmează a fi folosite; se întocmeşte planul pentru schimbarea sculelor. De asemenea se vor indica concret succesiunea operaţiilor şi a fazelor de prelucrare şi de reglare a maşinilor-unelte.

Stabilirea seriilor şi a mărimii loturilor se face pe considerente economice.

Organizarea desfăşurării procesului tehnologic pentru serii mici corespunde principiului pe ateliere sau grupe de maşini, iar la serie mijlocie sau mare se introduce tot mai mult principiul producţiei în flux.

Maşinile-unelte folosite sînt maşini universale, modernizate, maşini specializate sau maşini speciale. Se folosesc larg dispozitivele şi sculele speciale.

Desfăşurarea procesului de prelucrare în flux cere o calificare superioară pentru cadrele folosite la reglarea maşinilor-unelte şi a dispozitivelor.

În cazul folosirii maşinilor-unelte cu comandă program, o dată cu proiectarea tehnologiei, se pregătesc programele de lucru, obişnuit pe bandă perforată, fişe sau bandă magnetică.

Cheltuielile pentru pregătirea tehnologiei faţă de totalul cheltuielilor sînt mai mici, de asemenea pe unitate de produs.

17.2.3. PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE PENTRU PRODUCŢIA DE MASĂ

La producţia de masă este caracteristic faptul că la locurile de muncă se execută în mod permanent aceeaşi operaţie. Din aceste considerente pregătirea procesului tehnologic de prelucrare se cere să se facă la cel mai înalt grad.

În mod deosebit trebuie să se stabilească în mod amănunţit tehnologia pentru liniile tehnologice şi pentru liniile de transfer. Pentru prelucrare se folosesc maşini-unelte de mare capacitate, în general maşini specializate şi speciale, maşini-agregate, maşini automate. Se folosesc parţial sau total linii automate de prelucrare. La asamblare se foloseşte foarte rar metoda pentru ajustare.

La producţia de masă, deşi pregătirea tehnologică se face la cel mai înalt grad, cheltuielile raportate la unitatea de produs rezultă ca fiind minime.

Pe lîngă pregătirea minuţioasă a tehnologiei trebuie să se aibă în vedere posibilităţile de introducere pe scară largă a proceselor tehnologice automate.

17.3. PROIECTAREA PROCESULUI TEHNOLOGIC PENTRU TEHNOLOGIA DE GRUP

17.3.1. LUCRĂRI PREGĂTITOARE PENTRU APLICAREA TEHNOLOGIEI DE GRUP

Tipizarea proceselor tehnologice şi normalizarea acestora, bazată pe clasificarea pieselor, are un rol important în perfecţionarea continuă a proceselor tehnologice. În această privinţă, tehnologia de grup este de asemenea o metodă care contribuie la îmbunătăţirea organizării şi executării tehnologiei de prelucrare pe maşini-unelte. În vederea aplicării tehnologiei de grup, o importanţă deosebită o are clasificarea pieselor. Aceasta se poate face luîndu-se în considerare forma şi dimensiunile pieselor sau forma şi dimensiunile suprafeţelor. Majoritatea uzinelor folosesc clasificarea pieselor şi mai rar a suprafeţelor.

Clasa este de fapt o subdiviziune, care cuprinde totalitatea pieselor ce se aseamănă prin caracterul comun al tehnologiei de prelucrare. Continuînd clasificarea, se ajunge la grupe de piese de același tip. Cuprinderea pieselor în grupe se face în așa fel încît, în aceleași condiții, ele să aibă un plan comun de prelucrare a principalelor suprafețe.

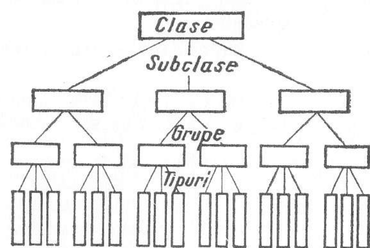


Fig. 17.1. Schemă de clasificare a pieselor pentru tehnologia de grup

O dată cu stabilirea tipului de piese se poate fixa și tipul procesului tehnologic de aplicat. În general se poate arăta că o clasă cuprinde piese care se deosebesc de altele prin caracterul utilizării, prin forma constructivă și prin problemele tehnologice.

Subclasa cuprinde piesele care au formă similară și itinerariul tehnologic de prelucrare asemănător.

Grupa cuprinde piesele care au aceeași configurație și număr de operații.

Tipul cuprinde piesele care necesită aceeași operație de prelucrare. Orice metodă se folosește la clasificare, se ajunge tot la piese tip. Folosind baze științifice pentru clasificarea și tipizarea pieselor (conform schemei din fig. 17.1), se creează condiții ca — pentru producția individuală sau de serie mică — să se poată aplica o tehnologie asemănătoare prelucrării pieselor de serie.

Pentru obținerea unor rezultate mai bune, trecerea la tehnologia de grup ar trebui să înceapă de la proiectare. Prin proiectarea pieselor în așa fel încît ele să poată fi cuprinse mai ușor în grupe tehnologice se ușurează munca de clasificare. Aceasta cere o normalizare constructivă și chiar o unificare a pieselor și subansamblurilor.

În construcția de mașini, piesele se pot împărți în piese normalizate, avînd aceeași construcție și dimensiuni proporționale; piese de uz comun, folosite la toate tipurile de mașini: roți dințate, arbori, bucșe etc., dar care diferă ca dimensiuni și formă, și piese speciale, proprii numai unei anumite mașini. Proporția între cele trei categorii diferă de la un produs la altul.

Clasificarea pieselor în vederea aplicării tehnologiei de grup se face deosebit de aceea pentru aplicarea proceselor tehnologice tipizate și anume — în acest caz — se pleacă de la felul prelucrărilor. Astfel se formează clase de piese de prelucrare la strunguri paralele, la strunguri-revolver, la mașini de frezat, la automate etc.

Clasificarea dă posibilitatea să se formeze grupe care să se poată prelucra cu aceeași mașină-unealtă, cu același echipament tehnologic și cu un reglaj comun.

Grupele se creează ținîndu-se seama de următoarele:

— forma geometrică și caracteristicile comune ale suprafețelor de prelucrat;

— dimensiunile pieselor, care determină dimensiunile mașinilor-unelte și ale dispozitivelor;

— procedeele de elaborare a semifabricatelor;

— precizia de prelucrare și calitatea suprafețelor;

— seria de fabricație;

— economicitatea procedeului.

Se obțin grupe de piese (fig. 17.2), care se pot prelucra la aceeași mașină-unealtă, grupe formate numai după criteriul unor anumite operații tehnologice și grupe cu ciclu de prelucrare la diferite mașini-unelte.

Această clasificare are importanță și din punct de vedere al organizării fluxului tehnologic și dotării cu utilaj. Astfel, pentru grupele *1, 2, 3, 7* și *8*, utilajele se amplasează în ordinea succesiunii operațiilor, folosindu-se dispozitive și reglaje de grup; pentru grupele *4, 5* și *6* se repartizează grupa de piese la un loc de muncă anumit, ceea ce permite o dotare mai bună.

Formarea grupelor tehnologice cere o cunoaștere bună a pieselor și a proceselor tehnologice. În principiu, pentru formarea grupelor se procedează la alegerea unei piese

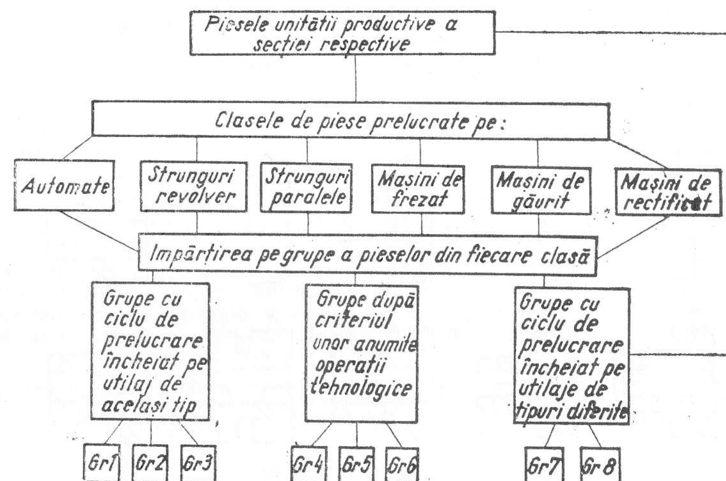


Fig. 17.2. Schemă de clasificare pentru prelucrarea de grup pe grupe de mașini-unelte

caracteristice din grupă, numită piesă complexă, care să cuprindă o serie de suprafețe elementare (cilindrice, conice, degajări, filete, teșituri etc.) exterioare și interioare. Celelalte piese din grupă vor conține toate sau numai o parte din suprafețele pe care le conține piesa complexă. Ordinea așezării suprafețelor poate să fie oarecare.

Alegerea piesei complexe se va face în așa fel încît prelucrarea să se poată executa cu un reglaj de grup, cu folosirea acelorași dispozitive și a acelorași scule.

Piesa complexă va conține deci elementele geometrice ale pieselor din grupa respectivă, iar procesul tehnologic întocmit pe baza ei, cu mici completări de reglaj, poate fi utilizat pentru prelucrarea oricărei piese din grupa respectivă. De exemplu, piesa complexă *A* cuprinde suprafețele *1 . . . 8* (fig. 17.3). Această piesă complexă poate sta la baza întocmirii unui proces tehnologic pentru o grupă de piese *B . . . K*. Se poate constata că numărul de piese compuse din suprafețele conținute de piesa complexă și care formează grupa respectivă poate fi mult mai mare.

Se poate întîmpla ca practic să nu se găsească o piesă reală, care să cuprindă toate suprafețele de prelucrat de la piesele din grupă. În acest caz se va creea convențional piesa complexă, ea conținînd de data aceasta toate elementele pieselor din grupă (fig. 17.4).

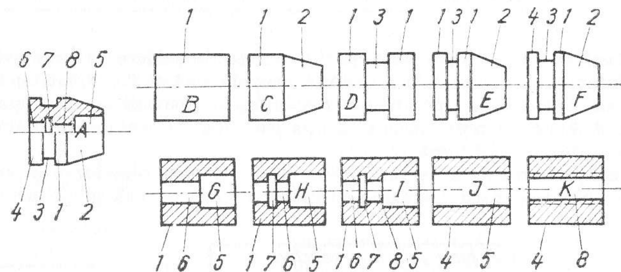


Fig. 17.3. Grupă de piese

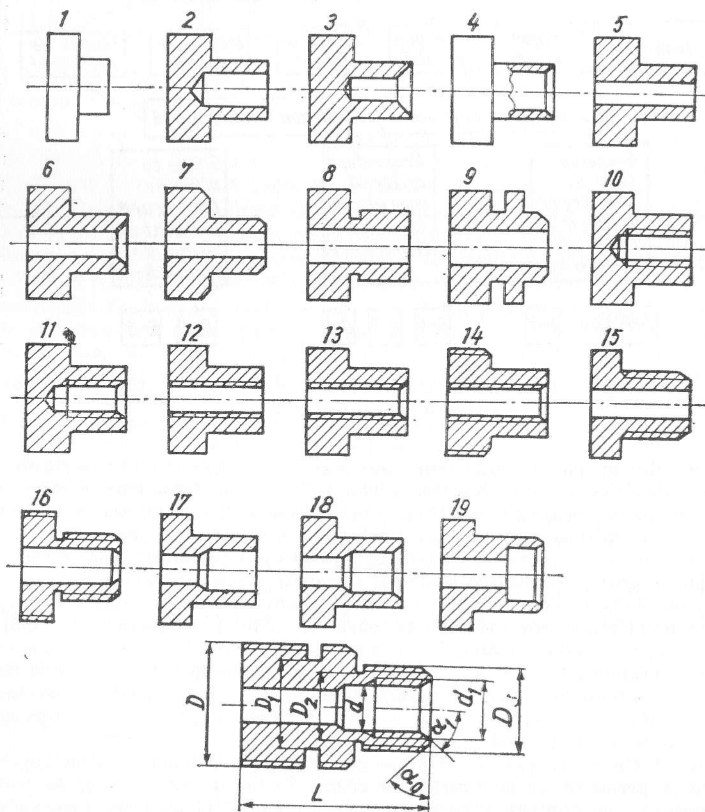


Fig. 17.4. Grup de piese cu piesă convențională

17.3.2. ELABORAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE GRUP

După efectuarea clasificării pieselor în grupe urmează pregătirea procesului tehnologic de grup.

Pentru elaborarea procesului tehnologic se folosește, așa după cum s-a văzut, o piesă complexă, reală sau convențională. Pentru prelucrarea unei piese oarecare din grupă nu este necesar să se folosească toate sculele prevăzute pentru prelucrarea suprafețelor piesei complexe. Sculele de prisos se vor înlătura sau înlocui.

La elaborarea proceselor tehnologice de grup se pleacă de la următoarele principii:

— ordinea adoptată pentru succesiunea operațiilor tehnologice trebuie să asigure prelucrarea oricărei piese din grup, în conformitate cu documentația tehnică;

— echipamentul tehnologic folosit la procesul de grup (dispozitive, scule) trebuie să asigure prelucrarea oricărei piese din grup;

— echipamentul folosit trebuie să asigure o bună productivitate, cu cheltuieli minime de timp pentru reglaj, la trecerea de la prelucrarea unei piese din grup la alta. Planul de operații folosit pentru tehnologia de grup se întocmește în mod corespunzător (tabelul 17.5).

Elaborarea procesului tehnologic de grup cere rezolvarea unei serii de probleme generale, ele determinînd mersul lucrării în continuare. Astfel, trebuie să se procedeze la unificarea semifabricatelor, să se proiecteze dispozitivele de grup, să se indice ce îmbunătățiri se vor aduce utilajelor; uneori se poate prevedea chiar construirea unor mașini-unelte specializate sau agregate. Pentru a scoate în evidență economicitatea procedeului aplicat se va face analiza mai multor variante, alegîndu-se varianta optimă.

17.4. PROIECTAREA PROCESULUI TEHNOLOGIC PENTRU PRELUCRĂRI PE MAȘINI-UNELTE CU COMANDĂ NUMERICĂ

17.4.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Creșterea productivității la prelucrarea pieselor unicate sau de serie mică se asigură astăzi prin folosirea pe scară largă a mașinilor-unelte cu comandă numerică. Dintre avantajele pe care le prezintă aceste mașini-unelte se remarcă:

— se reduc timpii de pregătire-încheiere și timpii auxiliari;

— nu sînt necesare dispozitive speciale, came, șabloane etc.;

— nu apar abateri de bazare;

— se elimină abaterile de măsurare;

— se asigură pentru toate piesele aceeași precizie de prelucrare.

Poziționarea și reglarea se realizează cu precizie foarte mare. Literatura de specialitate indică unele date orientative:

— cîmpul de dispersie la poziționare $\pm$ 0,005 mm; la mașini de prelucrat în coordonate în spațiu cu aer termostat $\pm$ 0,0005 mm;

— abaterile dimensionale se încadrează în limitele $\pm$ 0,02 mm sau $\pm$ 0,004 mm;

— precizia de reglare a sculelor 0,01 mm sau 0,001 mm.

Comanda mașinii se face de către un purtător de program care poate fi cartelă perforată, bandă perforată etc. Cartelele perforate se aplică pe tablouri comutatoare.

Benzile perforate pot fi cu 5 (fig. 17.5, *a*) sau cu 8 coloane (fig. 17.5, *b*). Pentru înscrierea programului pe bandă perforată se utilizează diferite coduri de folosință internațională.

Tabelul 17.5

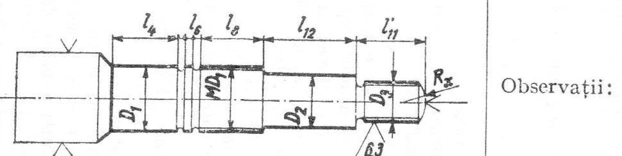
Plan de operații pentru prelucrări mecanice de grup

Întreprinderea	Secția: I / Atelier: Prelucrări mecanice	Plan de operații pentru prelucrări mecanice de grup	Operația: Strunjire	Nr. operației 3	Pagina 6

Nr.	Denumirea fazei	Regim: *i*	*s*	*v*, m/min	*n*, rot/min	*t*, mm
3	Strunjire de finisare „I"	1	0,13	76	1000	0,288
4	Filetare: filet metric	4	1,75	75	2000	0,947
5	Filetare: filet trapezoidal	7	5	105	2000	2,25

	Data	Numele	Semnătura
Întocmit			
Tehnolog șef			
Șef secție			
Aprobat			

Nr.	Modificarea	Data	Semnătura



Observații:

Nr.	Faze: Simbol sau denumire produs	Reper	Dimensiuni: D_1	MD_1	D_2	D_3	l_4	l_6	l_8	l_{12}	l_{11}	R_x	Utilaj: Scule	Dispozitive	Verificatoare	Mașina
1	Tijă	09-PD-465-02-01	$20^{-0,070}_{-0,210}$	Tr 20×4	15	M10	135	—	63	21	6	8	Cuțit 20×20 dr. 45 STAS 351-60			
2	Tijă	09-PD-465-02-02	$30^{-0,030}_{-0,100}$	Tr 30×5	22	M16	186	—	90	25	20	14	cuțit 25×16 dr. 14 STAS 351-60			
2	Tijă	09-PD-465-02-03	$18^{-0,260}_{-0,760}$	—	10	M9	120	1	64	18	9	6	cuțit pentru filet metric			

CCIT Nr.2 | Program code 5 | Numărul coloanei
Simbol | Simbol | 1 2 3 4 5
CIFRE
Semne
LITERE (ADRESE)
Simbol pentru comenzi

a

Program code BB (EIA) | Numărul coloanei
Simbol | 8 7 6 5 4 3 2 1
CODE EAI

b

LEGENDA

ERO — Eroare
INT — Interval
< — Cursă de revenire
≡ — Schimb de rînd
TAB — Tabulator
MA — Litere majuscule
MI — Litere minuscule
STP — Stop
BL — Avansul benzii
A — Urmează litere

Fig. 17.5. Coduri pentru înscrierea programului pe bandă perforată

17.4.2. ÎNTOCMIREA PROGRAMULUI DE LUCRU

Pentru întocmirea programului de lucru care urmează a se codifica pe fişe sau pe bandă este necesar în primul rînd a se adopta sistemul de cotare al desenului de execuţie al piesei care urmează să fie prelucrată. Această adoptare se va face în concordanţă cu sistemul de comandă al maşinii. Se întîlnesc două sisteme:

— primul se referă la maşinile care au sistemul de coordonate rectangular cu origine comună, corectarea desenului trebuind să se facă în raport cu aceste axe (fig. 17.6); acest sistem se întîlneşte la maşinile cu comandă după program numeric cu traductor absolut;

— al doilea se referă la sistemul la care, după atingerea unui punct caracteristic, originea sistemului de coordonate este mutată în acel punct, cotarea făcîndu-se în raport cu noul punct considerat ca origine de plecare (fig. 17.7).

Sistemele de comandă după program numeric pot fi folosite pentru prelucrarea unor suprafeţe simple sau pentru prelucrarea unor suprafeţe complexe.

Pentru sistemele de prelucrare a suprafeţelor simple, după recotarea desenului se întocmeşte fişa tehnologică, indicîndu-se toate fazele care urmează a fi executate de maşina-unealtă cu program.

În vederea asigurării unor baze tehnologice, pentru fixarea pe maşina cu comandă numerică, se vor prelucra anterior suprafeţele care se vor folosi ca baze de fixare. În fişa tehnologică se vor indica şi sculele care se vor folosi la fiecare fază de prelucrare.

Deoarece pentru precizia de prelucrare poziţia de fixare are importanţă deosebită, trebuie să se întocmească planul de fixare pe maşină.

Cu aceste date pregătitoare se trece la întocmirea planului de operaţii. Acesta va conţine date cu privire la fixarea şi poziţionarea piesei faţă de axele de coordonate, mărimea coordonatelor (lungimea curselor) x, y şi z, succesiunea poziţiilor piesei, succesiunea

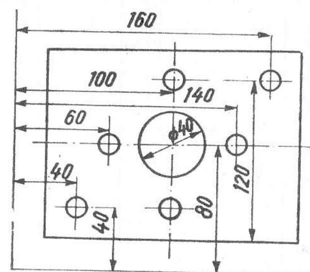


Fig. 17.6. Sistem de cotare în coordonate cu origine comună

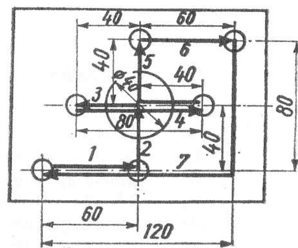


Fig. 17.7. Sistem de cotare în coordonate cu schimbarea originii

fazelor de prelucrare, sculele, valoarea avansului, turaţia etc. Pe baza acestui plan de operaţii se întocmeşte programarea şi perforarea cartelei sau benzii, după sistemul conţinut de maşină.

Pentru prelucrarea unei carcase pe o maşină de alezat orizontală (fig. 17.8) se dă fişa tehnologică în tabelul 17.6 şi planul de operaţii (tabelul 17.7).

Tabelul 17.6

Fişă tehnologică pentru prelucrarea unei carcase

Maşina: BFf 85 nu	Produsul: cutie de viteze	Nr. des. F—03.002	Material Fc20 STAS 568-67

Nr. fazei	Denumirea fazei	Suprafaţa	Sculele	Codul sculei
1	Frezarea suprafeţei 2		Cap de frezat Ø 160	01
2	Rotirea mesei cu 180°			
3	Frezarea suprafeţei 4		Cap de frezat Ø 160	01
4	Strunjirea alezajului I/Ø 100	Suprafaţa 4	Bară de strunjit Ø 100	02
5	Strunjirea alezajului II/Ø 75	Suprafaţa 4	Bară de strunjit Ø 75	03
6	Strunjirea alezajului III/Ø 70	Suprafaţa 4	Bară de strunjit Ø 70	04
7	Strunjirea alezajului IV/Ø 70	Suprafaţa 4	Bară de strunjit Ø 70	04
8	Rotirea mesei cu 180°			
9	Strunjirea alezajului V/Ø 32	Suprafaţa 2	Bară de strunjit Ø 32	05
10	Strunjirea alezajului VI/Ø 75	Suprafaţa 2	Bară de strunjit Ø 75	03
11	Strunjirea alezajului VII/Ø 75	Suprafaţa 2	Bară de strunjit Ø 75	03
12	Strunjirea alezajului VIII/Ø 75	Suprafaţa 2	Bară de strunjit Ø 75	03
13	Rotirea mesei cu 90°			
14	Strunjirea alezajului IX/Ø 100	Suprafaţa 3	Bară de strunjit	02
15	Strunjirea alezajului X/Ø 32	Suprafaţa 3	Bară de strunjit	05
16	Strunjirea alezajului XI/Ø 75	Suprafaţa 3	Bară de strunjit	03
17	Strunjirea alezajului XII/Ø 40	Suprafaţa 3	Bară de strunjit	06

Tabelul 17.7

Plan de operații pentru prelucrarea unei carcase

Mașina BFf 85		Cutie de viteze		Reper 170454		Material Fc 20							
Nr. crt.	Succesiunea fazelor	Coordonate				Avans, mm/rot		v m/min	n rot/min	Scula	Timpii		
		x	y	z	z_1	rapid	normal				t_{pi}	t_b	t_a
1	Fixarea piesei												
2	Verificarea poziției 0	0000,00	000,00	0000,00	000,00								
3	Introducerea benzii în portprogram												
4	Punerea sub tensiune a sistemului de reglare												
5	Fixarea sculei												
6	Pornirea pentru executarea programului									0,1			
	Frezarea feței 2												
7	Masa în sens transversal	56,00				r							
8	Păpușa în sens vertical		533,00			r							
9	Arborele de sens longitudinal				224,50		1,02						
10	Masa în sens longitudinal			740,00			1,02						
11	Frezarea feței 2	645,00					1,02	85	168				
12	Idem		430,00				1,02						
13	Idem	200,00					1,02						
14	Idem		302,00				1,02						
15	Idem	645,00					1,02						
16	Idem		174,00				1,02						
17	Idem	056,00					1,02						
18	Masa retur longitudinal			545,00		r							
19	Păpușa la		533,00			r							
20	Masa în sens transversal	42,00				r							
21	Rotirea mesei												
22	Masa în sens longitudinal			740,00		r							
	Frezarea feței 4												
23	Frezarea feței 4	600,00					1,02	85	168				
24	Idem		430,00				1,02						
25	Idem	155,00					1,02						
26	Idem		302,00				1,02						
27	Idem	600,00					1,02						
28	Idem		174,00				1,02						
29	Idem	11,00					1,02						
30	Arborele retur la				108,80	r							
31	Masa de retur longitudinal la			703,00		r							
	Alezarea pe fața 4												
32	Schimbarea sculei									0,2			
33	Pornirea și alezarea												
34	Masa în sens transversal	292,00				r							
35	Idem	297,00					1,02						

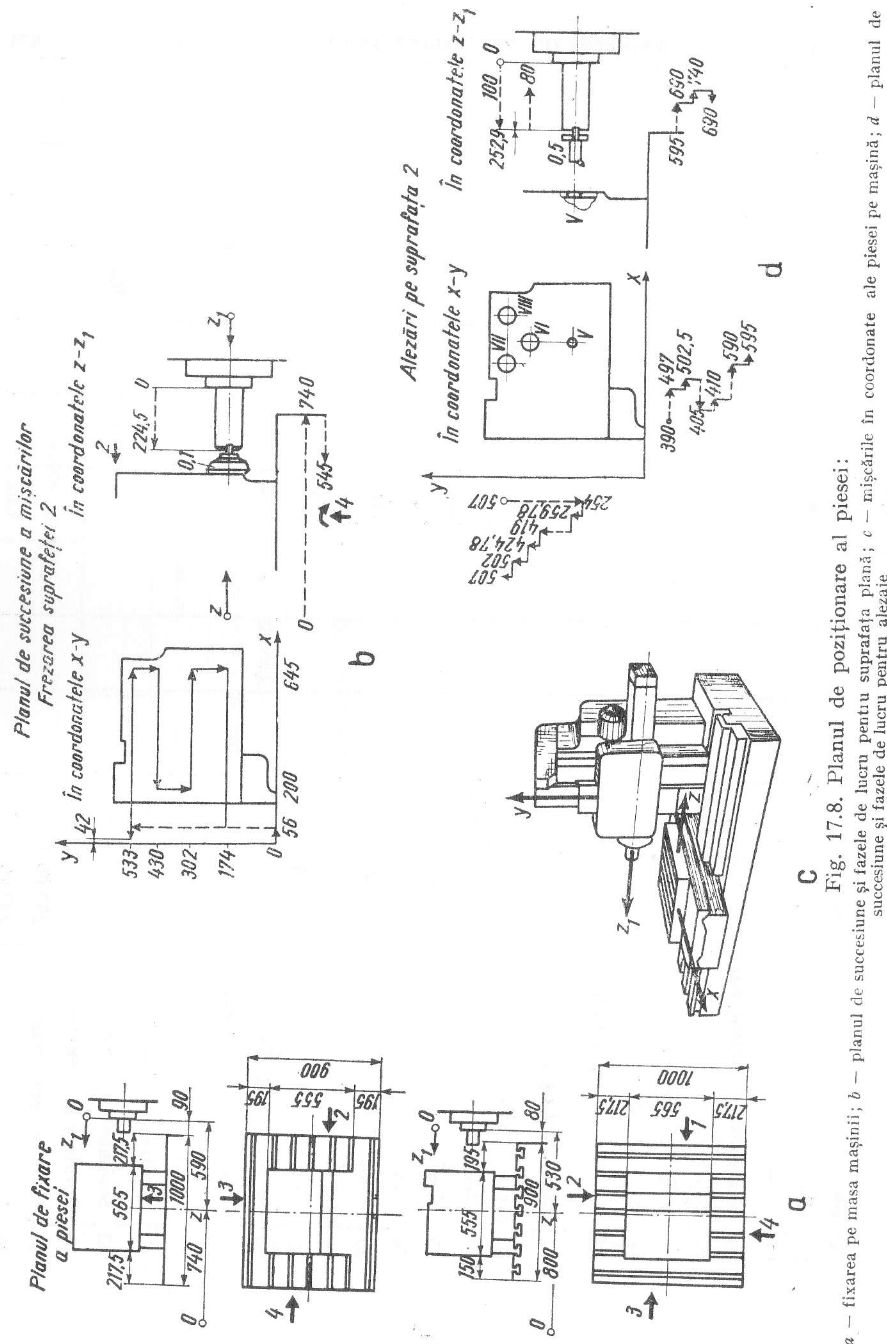


Fig. 17.8. Planul de poziţionare al piesei:
a — fixarea pe masa maşinii; b — planul de succesiune şi fazele de lucru pentru suprafaţa plană; c — mişcările în coordonate ale piesei pe maşină; d — planul de succesiune şi fazele de lucru pentru alezaje

17.5. PROIECTAREA PROCESULUI TEHNOLOGIC PENTRU PRELUCRĂRI PE MAŞINI-UNELTE AUTOMATE

Întocmirea procesului tehnologic de prelucrare pe maşini-unelte automate se efectuează respectînd următoarele etape:

— proiectarea schemei de prelucrare;
— calculul de reglare şi al regimului de aşchiere;
— proiectarea camelor de comandă.

17.5.1. PROIECTAREA SCHEMEI DE PRELUCRARE

Stabilirea tehnologiei şi proiectarea planului de operaţii se va face după o analiză a caracteristicilor constructive ale piesei de prelucrat. La proiectarea schemei de prelucrare trebuie să se acorde de asemenea o importanţă deosebită caracteristicilor constructive şi funcţionării maşinii-unelte automate. Pentru prelucrarea unei piese pe un strung automat se poate folosi o varietate mare de scheme de prelucrare. De aceea, după ce se vor analiza mai multe variante se va alege cea optimă din punct de vedere tehnico-economic.

La alegerea variantei optime se va ţine seama de toate considerentele care determină desfăşurarea procesului tehnologic de prelucrare. O importanţă deosebită se va acorda alegerii şi proiectării sculelor şi dispozitivelor portsculă necesare pentru dotarea unui strung automat.

La piese de formă complexă se va adopta metoda concentrării operaţiilor, folosirea sculelor combinate etc.

Deoarece la strungurile automate se recomandă acţionarea simultană a mai multor scule, prin schema de reglare se va face verificarea dacă acestea nu se împiedică reciproc în timpul funcţionării.

Piesele care se prelucrează pe strungurile automate pot avea forme şi dimensiuni foarte diferite. Pentru alegerea tipului de strung şi pentru dotarea corespunzătoare cu scule, este necesară o clasificare a acestor piese ţinîndu-se seama de forma geometrică, suprafeţele de prelucrat, dimensiunile piesei, precizia de prelucrare şi calitatea suprafeţei.

După analiza semifabricatului, se face alegerea strungului automat corespunzător din punctul de vedere dimensional şi al posibilităţilor de executare a operaţiilor de prelucrare, ţinînd seama că în mod obişnuit, piesa trebuie să fie complet prelucrată.

Se va trece apoi la calculul regimului de aşchiere. Pe baza normelor şi normativelor se va calcula viteza economică, apoi numărul corespunzător de rotaţii ale arborelui principal pentru fiecare operaţie.

Viteza economică se va calcula cu relaţia:

$$v_{ec} = v_0 K \quad [\text{m/s}] \tag{17.6}$$

în care: v_0 este viteza optimă stabilită pe bază de calcul pentru un material admis ca etalon (poziţia 2, tabelul 17.8), m/s; K — coeficientul de corecţie rezultat al produsului tuturor coeficienţilor de corecţie luaţi din tabele de care se va ţine seama.

Pentru calculul vitezelor se dau în tabelul 17.9 relațiile și valorile exponenților și constantelor.

Pentru verificarea posibilităților de folosire a strungului ales se va calcula forța principală de așchiere în condițiile vitezei maxime (tabelul 17.10).

Tabelul 17.8

Coeficienții de prelucrabilitate în funcție de viteza de așchiere a oțelurilor

Poziția	Grupa de oțeluri care se prelucrează	Caracteristici mecanice		Coeficientul de prelucrabilitate K		
		Rezistența de rupere la tracțiune σ_r, daN/mm²	Duritatea Brinell HB	Strunjire	Frezare	Găurire, adîncire, alezare
1	Oțeluri pentru strunjiri automate	70–80	200–230	1,20	—	1,20
2	**Oțeluri carbon de construcție cu conținut de carbon C < 0,7%**	**70–80**	**200–230**	**1,00**	**1,00**	**1,00**
3	Oțeluri carbon de construcție și de scule cu un conținut de carbon C < 0,7%	70–80	200–230	0,80	0,80	0,80
4	Oțeluri cu crom	70–80	203–230	0,85	0,85	0,85
5	Oțeluri mangan	70–80	260–275	0,80	0,80	0,70
6	Oțeluri cu nichel	70–80	203–230	1,00	1,00	0,95
7	Oțeluri crom-nichel	70–80	203–230	0,95	0,90	0,90
8	Oțeluri crom-molibden, crom-molibden-aluminiu	70–80	203–230	0,80	0,75	0,70
9	Oțeluri crom-mangan, crom-siliciu-mangan	70–80	203–230	0,70	0,75	0,80
10	Oțeluri crom-nichel-wolfram, crom-nichel-molibden	70–80	203–230	0,80	0,70	0,75
11	Oțeluri rapide pentru scule	70–80	203–230	0,60	0,60	0,60

Tabelul 179.

Relațiile de calcul și valorile constantelor și exponenților pentru determinarea vitezei de așchiere v

Operația de prelucrare	Materialul de prelucrat	Condiții de prelucrare s, mm/rot	Relația de calcul v, m/min	Valorile constantei C_v și ale exponenților mărimilor T, t, și s, D				
				C_v	z	m	x_v	y_v
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Strunjirea longitudinală	Oțel cu $\sigma_r \leqslant 65 \cdot 10^7$ [N/m²]	$s < 0,2$	$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}}$	97,9	—	0,20	0,16	0,20
		$s \geqslant 0,2$		79,8	—	0,20	0,16	0,30
	Alamă	—		143,5	—	0,20	0,10	0,25
	Duraluminiu	—		178,2	—	0,20	0,16	0,36
Strunjire cu cuțite profilate	Oțel cu $\sigma_r \leqslant 65 \cdot 10^7$[N/m²]	$s < 0,05$	$v = \frac{C_v}{T^m \cdot s^{y_v}}$	80,0	—	0,286	—	0,35
		$s \geqslant 0,05$		46,8	—	0,286	—	0,50
	Alamă	—		58,0	—	0,286	—	0,50
	Duraluminiu	—		78,1	—	0,286	—	0,50
Strunjire cu cuțite de retezat și canelat	Oțel cu $\sigma_r \leqslant 65 \cdot 10^7$ [N/m²]	$s \leqslant 0,05$		71,0	—	0,286	—	0,40
		$s > 0,05$		45,2	—	0,286	—	0,55
	Alamă	—		59,8	—	0,286	—	0,50
	Duraluminiu	—		94,8	—	0,286	—	0,50
Burghiere și centruire	Oțel cu $\sigma_r \leqslant 65 \cdot 10^7$ [N/m²]	$s < 0,2$	$v = \frac{C_v \cdot D^z}{T^m \cdot s^{y_v}}$	6,02	0,4	1,20	—	0,70
		$s > 0,2$		8,28	0,4	0,20	—	0,50
	Alamă	$s < 0,2$		10,5	0,4	0,20	—	0,70
		$s > 0,2$		14,5	0,4	0,20	—	0,50
	Duraluminiu	$s < 0,2$		19,4	0,4	0,20	—	0,70
		$s > 0,2$		25,8	0,4	0,20	—	0,50
Adîncire cu adîncitor	Oțel cu $\sigma_r \leqslant 65 \cdot 10^7$ [N/m²]	—	$v = \frac{C_v \cdot D^z}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}}$	18,6	0,30	0,30	0,20	0,50
	Alamă	—		32,4	0,30	0,30	0,20	0,50
	Duraluminiu	—		59,6	0,30	0,30	0,20	0,50
Adîncire cu burghiu	Oțel cu $\sigma_r \leqslant 65 \cdot 10^7$ [N/m²]	—		13,7	0,4	0,20	0,20	0,50
	Alamă	—		24,0	0,4	0,20	0,20	0,20
	Duraluminiu	—		42,8	0,4	0,20	0,20	0,50
Alezare	Oțel $\sigma_r \leqslant 65 \cdot 10^7$ [N/m²]	—		12,1	0,30	0,40	0,20	0,65
	Alamă	—		15,1	0,30	0,40	0,20	0,65
	Duraluminiu	—		30,2	0,30	0,40	0,20	0,65

Tabelul 17.10

Calculul forței principale de așchiere în condițiile vitezei maxime

Operația de prelucrare	Materialul de prelucrat	Relația de calcul F_z, daN	Valorile constantei C și valorile exponenților x_F, y_F și z_F			
			C_F	x_F	y_F	z_F
Strunjirea longitudinală	Oțeluri cu $\sigma_r < 65\cdot10^7$ [N/m²] AUT 12 : AUT 20	$F_z=C_{Fz}\cdot t^{x_{Fz}}\cdot s^{y_{Fz}}$	145	1,00	0,80	—
	Alamă		40	1,00	0,66	—
	Duraluminiu		45	1,00	0,80	—
Strunjire cu cuțite profilate	Oțeluri cu $\sigma_r < 65\cdot10^7$ [N/m²] AUT 12: AUT 20	$F_z=C_{Fz}\cdot s^{y_{Fz}}\cdot b$	180	—	0,85	—
	Alamă		46,5	—	0,66	—
	Duraluminiu		75	—	0,80	—
Strunjire cu cuțite de retezat și canelat	Oțeluri cu $\sigma_r < 65\cdot10^7$ [N/m²] AUT 12: AUT 20		215	—	0,85	—
	Alamă		48	—	1,00	—
	Duraluminiu		78	—	1,00	—
Burghiere și centruire	Oțeluri cu $\sigma_r < 65\cdot10^7$ [N/m²] AUT 12; AUT 20	$F_x=C_{Fx}\cdot s^{y_{Fx}}\cdot D^{z_{Fx}}$	68	—	0,70	1,00
	Alamă		20,4	—	0,70	1,00
	Duraluminiu		22,6	—	0,65	1,00
Adîncire cu adîncitor sau burghiu	Oțeluri cu $\sigma_r < 65\cdot10^7$ [N/m²] AUT 12; AUT 20	$F_x=C_{Fx}\cdot t^{x_{Fx}}\cdot s^{y_{Fx}}$	34	1,30	0,70	—
	Alamă		10,2	1,30	0,70	—
	Duraluminiu		16,3	1,30	0,65	—

Numărul de rotații ale arborelui principal se va calcula ținînd seama de diametrul de lucru:

$$n_a = \frac{1000\,v}{\pi d}\ \ [\text{rad/s}]. \tag{17.7}$$

Pentru calcularea numărului de rotații necesare pentru fiecare operație trebuie să se determine fazele de lucru. La această determinare, pe lîngă lungimea de lucru, se va lua în considerare și pătrunderea, respectiv depășirea sculelor.

Numărul de rotații active pentru fiecare fază de lucru se va calcula cu relația:

$$n_{ai} = \frac{L_i}{s_i}\ \ [\text{rot}] \tag{17.8}$$

în care: L_i este lungimea de lucru, mm; s_i — avansul de rotație, mm/rot.

Pentru filetare numărul de rotații se calculează ținînd seama de pasul filetului p, numărul de treceri m și de raportul între viteze, i:

$$n = \frac{L}{p}\,im\ \ [\text{rot}] \tag{17.9}$$

iar pentru mers în gol, cînd se produce întoarcerea cuțitului de filetat, $n_i = ii_1\,\frac{3}{4}\,m$, în care i_1 este raportul între rotația arborelui principal și rotația dispozitivului suplimentar.

Numărul total de rotații active necesare prelucrării piesei va fi:

$$n_a = \sum_{i=1}^{n} n_{ai}\ \ [\text{rot}]. \tag{17.10}$$

Se va determina apoi numărul de rotații pentru toate cursele de mers în gol n_g. Numărul total de rotații pentru procesul de prelucrare va fi:

$$n_t = n_a + n_g. \tag{17.11}$$

Pe baza acestor calcule se va trece la determinarea unghiului pe camă pentru fiecare fază de lucru.

$$\Sigma\alpha_l = 100 - \Sigma\alpha_g \tag{17.12}$$

în care: α_l reprezintă unghiul de rotire pentru faza de lucru; α_g — pentru mers în gol.

17.5.2. CALCULUL DE REGLARE ȘI AL REGIMULUI DE AȘCHIERE

Alegerea strungului automat se face pe baza analizei formei și dimensiunii piesei de prelucrat. Schema de reglare se va întocmi în așa fel încît să asigure condițiile de precizie, calitate și de productivitate.

De exemplu, pentru piesa din fig. 17.9, ca semifabricat se folosește bară de oțel pentru automate Aut. 20 T, STAS 1350-67, tras la rece cu Ø 18 mm, conform STAS 1800-61. Prelucrarea se poate executa pe un strung automat cu cap revolver, de exemplu SKODA-20. Din configurația piesei și corespunzător operațiilor ce trebuie executate reiese că sînt necesare circa 8 scule.

Tabelul 17.1

Plan de operații pentru prelucrarea pe strung automat

Întreprinderea	PLAN DE OPERAȚII pentru strung automat cu cap revolver	Atelier: / Secția:
Denumirea automatului:	Strung automat cu cap revolver	
Firma:	SKODA	
Model:	A 20	Nr. de inventar:432
Condiții de răcire:	Ulei mineral 4–6 E°/50°C	

Mecanic / Automate	Dop filetat / Denumirea piesei	Fabricat tip:	Reper nr.: 84
σ = 0,0186			

Semifabricat		Operația nr.	1
Simbol	t ∅ 18je 6 STAS 1800-69 AUT 35 STAS 1350-67	Pagina	1
Starea	Normalizată	Pagini	2
Duritatea	200 HB	Bucăți pe fabricat	4
Execuție	Bară trasă la rece	Copia nr.	
Dimensiuni brute (profil)	∅ 36 × 40		
Greut. Brută			
Greut. Netă			

Portcuțitul	Faza	Denumirea fazelor	Viteza de așchiere m/s	Cursa de lucru mm	Avansul mm/rot sau $\frac{1}{\pi \cdot 1000}$ $\frac{m}{rad}$	Nr. de rotații pe faze: Rotații calculate	Rotații întrebuințate	Sutimi pe camă: Cursa auxiliară	Cursa de lucru	De la	Pînă la
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Capul revolver	1	Avansarea barei, tamponare și stringere	—	—	—	—	—	1,5	—	0	1,5
		Retragerea și rotirea capului X_1	—	—	—	—	—	2,5	—	1,5	4,0
	2	Strunjire longitudinală, centruire	0,108	29,5	0,16	188	190	—	25,5	4,0	29,5
		Netezire	—	—	—	—	—	—	0,5	29,5	30,0
		Retragea și rotirea capului X_2	—	—	—	—	—	0,5	—	30,0	30,5
			—	—	—	—	—	2,5	—	30,5	33,0
	3a	Găurire, teșire și netezire	0,313	18	0,10	180	180	—	25	33,0	58,0
		Retragerea și rotirea capului X_3	—	—	—	—	—	0,5	—	58,0	58,5
			—	—	—	—	—	2,5	—	58,5	61,0
	4	Schimbarea sensului de rot.	—	—	—	—	—	(1,0)	—	—	—
		Filetare M 14 × 1	0,288	20 pași	3,95:1	79,8	80	—	11	61,0	72,0
		Descrierea capului de filetat	—	—	—	—	—	1,5	—	72,0	73,5
		Retragerea și rotirea capului X_4	—	—	—	—	—	2,5	—	73,5	76,0

Denumirea fazelor	Raza camei: La început	La terminat	Distanța de la fața arborelui la capul revolver		Scule: Poz.	Așchietoare	Poz.	Ajutătoare
3	13	14	15	16	17	18	19	20
Avansarea barei, tamponare și stringere	67	67	Cama capului revolver 1		1	—	1	Tampon nr. 16
Retragerea și rotirea capului X_1	67	61,5						
Strunjire longitudinală, centruire	61,5	90			2	Cuțit / Burghiu de centrare	2	Portsculă comb. nr. 23
Netezire	90	90						
Retragea și rotirea capului X_2	90	90						
	90	72,5						
Găurire, teșire și netezire	72,5	90			3	Cuțit / Burghiu spiral	3	Portsculă comb. nr. 24
Retragerea și rotirea capului X_3	90	90						
	90	54,8						
Schimbarea sensului de rot.	—	—						
Filetare M 14 × 1	54,8	75			4	Cap de filetat M14	4	—
Descrierea capului de filetat	75	75						
Retragerea și rotirea capului X_4	75	51,3						

Tabelul 17.11 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Capul revolver	5	Filetare M6 × 0,75	0,092	17 paşi	3,95:1	67,15	67	—	9	76,0	85,0	51,3	64	Cama capului revolver 1		5	Tarod M6	5	Porttarod nr. 18
		Schimbarea sensului de rotire	—	—	—	—	—	1,0	—	85,0	86,0	64	64						
		Retur	—	17 paşi	1:1	(17)	—	2,5	—	86,0	88,5	64	51						
		Rotirea capului X_5	—	—	—	—	—	(2,5)	—	83,5	91,0	51	51						
	6-a	Rotirea capului X_5	—	—	—	—	—	(2,5)	—	91,0	93,5	51	51			3-b	Cuţit de profilat N.I. 06.52.01	3-b	—
		Mers în gol	—	—	—	—	—	—	—	93,5	96	51	51						
		Continuare în gol	—	—	—	—	—	—	—	96	100	51	67						
Sania faţă	3-b		—	—	—	—	—	—	(10)	35,0	45,0	52	58,5	Cama saniei din spate 2		6-a	Cuţit de retezat N.I. 06.52.02	6-a	—
		Profilare şi netezire	0,835	3,5	0,05	(70)	—	—	—	45,0	45,0	58,5	58,5						
		Netezire	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	—						
		Retragerea cuţitului	—	—	—	—	—	(2,5)	—	45,5	48,0	58,5	51						
Sania spate		Retezarea preliminară	0,835	2	0,05	(40)	—	—	(6)	50,0	56,0	55	57	Cama saniei din faţă 3		6-b	Identic cu 6-a	6-a	—
		Retragerea cuţitului în gol	—	—	—	—	—	(2,5)	—	56,0	58,5	57	56						
		Repaos	—	—	—	—	—	—	—	58,5	88	56	56						
Sania spate	6-b	Retezare	0,417	6,5	0,10	65	65	—	9	88	97,0	56,0	62,5	Cama 3					
		Retragerea cuţitului	—	—	—	—	—	3	—	97	100	62,5	55						
						Total	582	20,0	80,0										

Intreprinderea	Continuare PLAN DE OPERAŢII pentru strung automat cu cap revolver	Atelier: mecanic Secţia: automate

Dop filetat		Reper:
Denumirea	Fabricat tip	Nr. 84

Reglarea automatului

Nr. de rotaţii pe minut ale arborelui	Roţi de schimb		Tăierea filetelor			Poziţia pintenilor pentru schimbări rapide şi a camelor pentru discurile cu 100 diviziuni										Distanţa maximă de la capul revolver la faţa arborelui
			Nr. de rotaţii pe minut	Roţi de schimb		Avans material	Schimbare cap revolver						Came pentru suporţi transversali			
	a	b		c	d		1	2	3	4	5	6	faţă	spate	vertical	
1 151	43	51	292	46	48	0	1,5	30,5	58,5	79,5	88,5	91,0	47,5	32,5 85,5	—	117

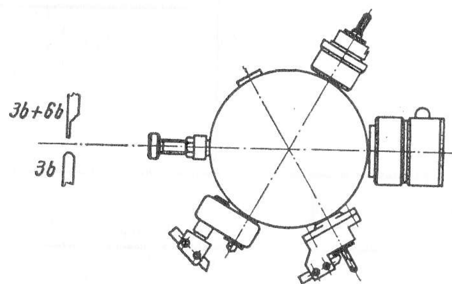
Operaţia	1
Pagina	2
Pagini	2
Copia nr.	

Intreprinderea	Continuare PLAN de OPERAȚII pentru strung automat cu cap revolver	Atelier: mecanic Secția: automate

Nr. de rotații ale arborelui pentru o rotație a axului cu came	Timp de bază s	Timp ajutător s	Timp efectiv s	Roți de schimb pentru avans						Dispozitiv de găurire rapidă			
				a	b	c	d	—	—	Rot/min ale dispozitivului	Rot/min efective	Roți de schimb	
758	30,23	5,69	35,92	50	80	65	75	—	—	—	—	—	—

Normare

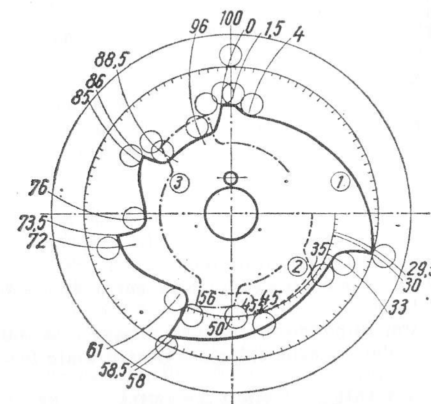
Timp efectiv s	Timp auxiliar		Timp pe buc. s	Norma		Nr. automatelor		Categoria	
	s	%		pe oră	pe schimb	pentru un lucrător	pentru un reglor	pentru un lucrător	pentru un reglor
35,92	2,88	8	38,80	92,8	740	2	5	IV	VII



Nr. fișei	Modificări	Data	Numele	Nr. fișei	Modificări	Data	Numele

Tabelul 17.11 (continuare)

Dop filetat		Reper:
Denumirea	Fabricat tip	Nr. 84



Nr. crt.	Denumirea camelor	Numărul desenului	Cifru convențional	Modificări came		
				Nr.	Data	Semnătura
1	Cama capului revolver	06.51.01				
2	Cama saniei din spate	06.51.02				
3	Cama saniei din față	06.51.02				

Serviciul tehnologic		Data	Numele	Semnătura	Serviciul tehnologic		Data	Numele	Semnătura
	Conceput					Șef secție			
	Desene					Aprobat			
	Verificat								

Calculul vitezei economice se face ţinînd seama de toţi coeficienţii daţi în normative. Pentru cazul considerat, viteza optimă este $v = 1{,}666$ m/s, viteza economică va fi $v_e = v_0 k_v = 1{,}666 \cdot 0{,}688 = 1{,}15$ m/s.

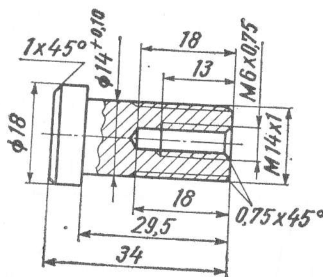


Fig. 17.9. Schiţa piesei de prelucrat pe strung automat

Pentru $R_a = 6{,}3$ μm se va lua avansul $s = 0{,}15$ mm/rot cuţitul avînd o rază de rotunjire $r = 2$ mm.

Turaţia arborelui principal va fi:

$$n_a = \frac{1000 \cdot v \cdot 60}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 1{,}15 \cdot 60}{3{,}14 \cdot 18} = 121{,}6 \text{ rad/s}.$$

De remarcat că dacă sînt faze care se suprapun, viteza se va calcula pentru scula aşchietoare a cărei fază de lucru este cea mai lungă.

Pentru operaţia de găurire se alege din normative [4], [18] $s = 0{,}1$ mm/rot.

Deşi ar fi necesară trecerea la o turaţie mai mare pentru această operaţie, prin construcţia sa strungul automat considerat, nu permite acest lucru. Filetarea se va executa deci la o viteză mai mică corespunzătoare unei rotaţii admise pentru cazul concret de 31,4 rot/s.

Avansul pentru retezare, după normative, se admite $s = 0{,}04$ mm/rot. În planul de operaţii (tabelul 17.11) se dau valorile calculate pentru toate fazele de lucru stabilite.

17.5.3. PROIECTAREA CAMELOR DE COMANDĂ

După caracteristicile constructive ale strungului automat şi ale elementele pe care le comandă, camele sînt în formă de disc sau în formă de cilindru.

Pentru fiecare produs care urmează a fi prelucrat pe strunguri automate vor trebui executate came, atît pentru comanda capului revolver, cît şi pentru comanda săniilor transversale. Trasarea camelor pe baza datelor din planul de operaţii se face după divizarea sutimilor pe circumferinţă.

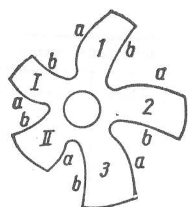


Fig. 17.10. Şablon pentru camele săniilor transversale

Pentru trasarea curbelor de lucru se determină valoarea razelor pentru fiecare fază. Aceste valori se înscriu în planul de operaţii (tabelul 17.11, coloanele 13 şi 14). Curbele de urcare se trasează după spirala lui Arhimede (tabelul 17.11).

Camele pentru săniile transversale se trasează pe baza şablonului livrat pentru strungul respectiv (fig. 17.10). Pentru verificarea momentului de intrare în acţiune a săniilor transversale se impune trasarea camelor respective, suprapuse cu cama de comandă a capului revolver.

17.6. PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE PRELUCRAREA PE STRUNGURI AUTOMATE MULTIAX

Proiectarea unui proces tehnologic de prelucrare pe strunguri automate multiax este în funcţie de mai mulţi factori. În primul rînd de caracteristicile constructive, număr de axe, număr de sănii transversale, număr de poziţii de lucru ale saniei longitudinale, cursele săniilor, regimurile de aşchiere ce se pot realiza etc. În al doilea rînd posibilităţile determinate de sistemul de reglare, sculele şi dispozitivele speciale, caracteristicile constructive ale semifabricatului.

Pentru strungurile automate la care prelucrarea se execută după sistemu paralel, procesul tehnologic este similar ca şi la un strung monoax. La strungurile automate, la care prelucrarea se execută consecutiv, pentru întocmirea tehnologiei, trebuie să se împartă fazele pe numărul de poziţii pe care le are strungul. Durata de prelucrare pentru fiecare fază trebuie să fie aproape egală, deoarece ciclul de prelucrare se determină după faza cu durata cea mai lungă. Această fază va determina productivitatea strungului.

Tot în funcţie de această fază se stabileşte viteza de aşchiere şi avansul pentru sculele fixate pe sania multipoziţională. Prelucrările care necesită viteze şi avansuri diferite, se execută cu dispozitive speciale.

Alegerea tipului de maşină se face ţinîndu-se seama de complexitatea formei constructive a piesei care urmează să se prelucreze. Procesele tehnologice paralel-constructive se aplică, de obicei, pe strunguri automate cu şase sau mai multe axe, fiind necesare minimum trei poziţii.

Prelucrarea pieselor de formă complexă pe strunguri automate multiax prezintă avantajul că se folosesc scule şi dispozitive simple, realizîndu-se o productivitate ridicată. Tipurile de scule şi dispozitivele portscule sînt determinate de forma piesei, de numărul de poziţii de lucru ale maşinii. Varianta optimă de prelucrare se alege ţinîndu-se seama şi de costul sculelor şi al dispozitivelor portsculă.

Pentru fixarea sculelor şi a portsculelor trebuie să se întocmească schema de fixare (fig. 17.11).

Pentru prelucrarea piuliţei din fig. 17.11 sînt necesare doar două poziţii. La poziţia *I* şi *III* se execută găurirea cu sculă combinată şi formarea piuliţei, iar la poziţiile *II* şi *IV* se execută operaţia de retezare.

Pentru prelucrarea unui arbore pe un strung automat cu patru axe (fig. 17.12), strunjirea de degroşare şi de finisare a arborelui, din cauza rigidităţii mici, trebuie să se facă prin sprijinire pe lunete, poziţiile *I*, *II* şi *III*.

Pentru prelucrarea unei bucşe pe un strung automat cu şase axe (fig. 17.13), la poziţiile *I* şi *II* se execută strunjirea de degroşare a suprafeţelor exterioare şi burghierea suprafeţei interioare. În poziţia *III* se execută canalul bucşei cu ajutorul unui dispozitiv special fixat în sania longitudinală. La poziţia *IV* se execută canelura şi strunjirea de finisare exterioară. La poziţia *V* se execută finisarea interioară, semifabricatul fiind sprijinit pe role de ghidare.

Pentru prelucrarea unei piese nesimetrice pe un strung automat cu şase axe (fig. 17.14) trebuie observat că bara din care se prelucrează piesa este fixată excentric într-un dispozitiv special. La poziţia *I* se execută burghierea şi aşchierea cu sculă combinată, strunjirea canalelor exterioare şi a suprafeţei plane. La poziţia *II* se execută burghierea şi profilarea. La poziţia *III* se execută strunjirea unei suprafeţe cilindrice exterioare excentrice faţă de axa semifabricatului. La poziţia *IV* se execută strunjirea profilată de finisare, şi, în acelaşi timp, se execută şi filetarea interioară. La poziţia *V*, cu o sculă specială de interior, se execută o degajare la partea centrală şi teşirea la capătul unde se va face retezarea la poziţia *VI*, după calibrarea filetului.

În vederea întocmirii fişei de calcul necesară reglării, se procedează la determinarea datelor necesare folosindu-se următoarele etape de calcul:

— determinarea datelor iniţiale privind caracteristicile strungului automat, sculele care urmează a se folosi, caracteristicile constructive ale piesei de prelucrat;

— calculul lungimii curselor de lucru şi alegerea camelor de comandă. Lungimile de lucru se vor calcula ţinînd seama de lungimea de apropiere, de pătrundere şi de depăşire.

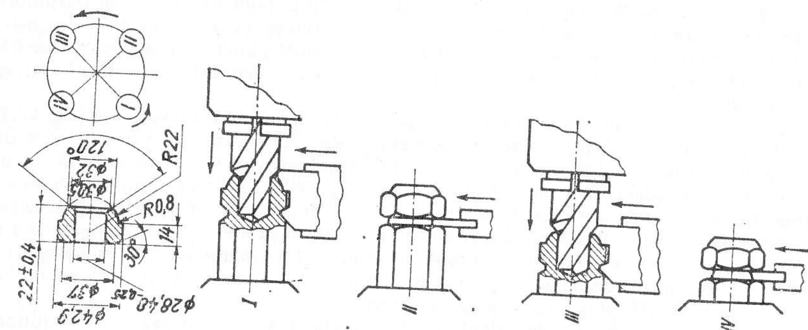


Fig. 17.11. Schema pentru prelucrarea unei piuliţe de formă specială

Fig. 17.12. Schema de prelucrare a unui arbore pe un strung automat cu 4 axe

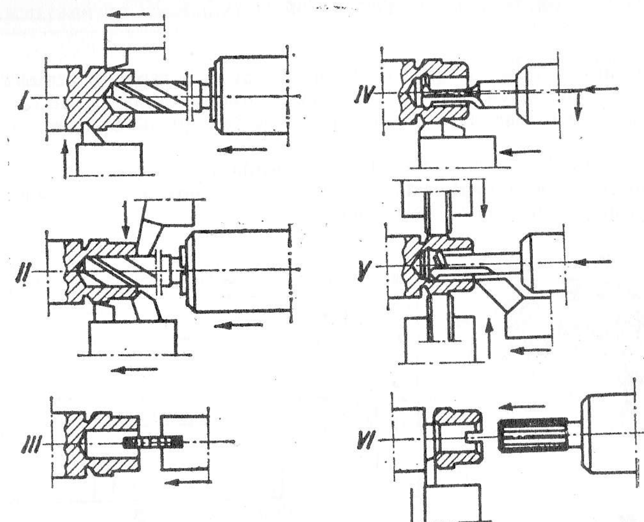


Fig. 17.13. Schema de prelucrare a unei bucşe pe un strung automat cu 6 axe

Fig. 17.14. Schema prelucrării unei piese nesimetrice pe un strung automat cu 6 axe

Lungimea cursei săniilor se determină ţinînd seama de raportul braţelor de pîrghie, care acţionează săniile. Se va alege apoi o camă cu urcarea calculată sau cea mai apropiată avînd valoarea mai mare faţă de cea calculată. Se exprimă apoi urcarea şi avansul în unghi de rotire.

Alegerea avansurilor se face pentru fiecare sculă ţinînd seama de toţi factorii de care sînt condiţionate. Avansurile astfel calculate se vor corecta pe baza admiterii numărului de rotaţii apropiate faţă de cele calculate.

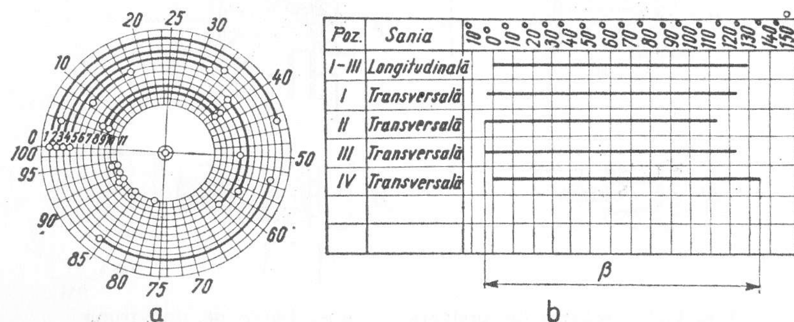


Fig. 17.15. Ciclograma pentru prelucrarea unui şurub pe un strung automat multiax 123

Pe baza avansurilor calculate şi ţinînd seama de durabilitatea economică se calculează pentru fiecare fază viteza de aşchiere. În continuare se vor calcula turaţiile arborelui principal şi ale arborelui dispozitivelor suplimentare iar în încheiere se calculează timpul unitar (tabelul 17.12).

Pe baza calculelor efectuate se trasează ciclograma strungului automat în coordonate polare sau în coordonate rectangulare şi se întocmeşte fişa de calcul.

În tabelul 17.13 sînt prezentate calculele pentru prelucrarea unui şurub, cu dimensiunile arătate în schiţă, pe un automat multiax tip 123, iar în fig. 17.15 este dată ciclograma pentru prelucrarea piesei considerate (datele din tabelul 17.13).

Tabelul 17.12

Elementele de calcul pentru fişa de reglare a strungurilor automate multiax

Elementul de calcul	Relaţia de calcul	Notaţii
Lungimea cursei de lucru, L	$L = l + l_a + l_1 + l_2$ [mm]	l — lungimea de prelucrare; l_a — lungimea de apropiere; l_1 — lungimea de pătrundere; l_2 — lungimea de depăşire
Lungimea cursei saniei, h	$L = h \cdot c$ sau $h = \frac{L}{c}$	h — urcarea pe camă, mm; c — raportul între lungimile braţelor de pîrghie din cartea maşinii

Tabelul 17.12 (continuare)

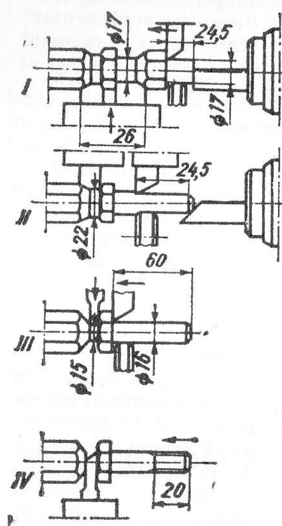
Elementul de calcul	Relaţia de calcul	Notaţii
Unghiul de rotire arbore cu came, β_k	$\beta_k = \frac{360\,L}{\pi D_c}$	L — lungimea cursei de lucru, mm; D_c — diametrul tamburului pe care se fixează sectoarele de camă, mm
Calculul numărului de rotaţii ale arborelui principal, η_{ap}	$\eta_{ap} = \frac{L}{s} \frac{360}{\beta}$	L — lungimea crescîndă lucru; s — avansul de lucru, mm/rot; β — unghiul corespunzător porţiunii de pe camă care comandă avansul în grade.
Calculul numărului de rotaţii pentru dispozitivele suplimentare, n_s	$n_s = \frac{1}{(1+i)s} \frac{360}{\beta}$ şi $\eta_s = \frac{1}{(1-i)s} \frac{360}{\beta}$	i — raportul de transmitere total dintre arborele principal şi arborele dispozitivului suplimentar
Calculul turaţiilor arborelui principal în funcţie de viteză, η_{ap}	$n_{ap} = \frac{1000\,V}{\pi d}$ $n'_{ap} = \frac{1000\,V}{\pi d} C_c$ $C_c = \frac{1}{1+i}$ Pentru filet dreapta $C_c = \frac{1}{1-i}$ Pentru filet stînga $C_c = \frac{1}{i-1}$	n'_p — turaţia arborelui principal dacă scula este fixată într-un dispozitiv suplimentar; C_c — coeficient de corecţie; i — raportul între turaţiile arborelui principal şi cel al dispozitivului suplimentar
Calculul timpului unitar	$T_u = T_l + T_g$ $T_l = \frac{n_{apc}}{n_{ap}}$ $n_{apc} = n_k \frac{\beta_{kl}}{360}$ $T_g = \frac{360 - \beta_{kg}}{360} \frac{1}{n_g}$	T_l — timpul de lucru; T_g — timpul de mers în gol; n_{apc} — număr rotaţii arbore principal corespunzător rotirii arbore de comandă; n_g — turaţia rapidă a arborelui de comandă dată în cartea maşinii; n_k — numărul de rotaţii ale arborelui principal necesar fazei k; β_{kl} — unghiul de rotire pentru cursa de lucru; β_{kg} — pentru cursa în gol

Tabelul 17.13

Fișe de calcul pentru strungul automat multiax model 123

Schița piesei	
Denumirea automatului	Strung automat cu patru axe
Uzina constructoare	
Model	123
Numărul de sănii	1 sanie longitudinală centrală 4 sănii transversale

Schema de reglare



Lucrează	Numărul fazei	Poziția de lucru	Succesiunea fazelor	Diametre în mm		Cursa de lucru calculată L	Raportul brațelor pîrghiei c	Curse		Avansul, mm/rot		Viteza de așchiere, m/min	Turația ax principal rot/min
				Inițial	Final			Urcarea pe camă h	Cursa de lucru reală	Determinat din tabele	Real		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SLC	1	I	Strunjire longitudinală pe lungimea 24,5 mm	31,2	17	25,5	1,00	25	25,00	0,10	0,096	28,7	294
SLC	2	I	Strunjire frontală	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ST	3	I	Strunjire profilată pînă la Ø17 mm	31,2	17	8,10	1,00	8	8,00	0,05	0,033	31,4	321
SLC	4	II	Strunjirea longitudinală pe lungimea 24,5 mm	31,2	17	25,00	1,00	25	25,00	0,10	0,096	28,7	294
SLC	5	II	Teșire 2 × 45°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ST	6	II	Teșire la 45° pînă la Ø 22 mm	31,2	22	5,60	1,00	6	6,00	0,080	0,025		
SLC	7	III	Strunjire longitudinală pe lungimea 60 mm	17	16	59,00	1,36	45	61,20	0,135	0,21	36,3	681
ST	8	III	Preretezare de la Ø 22 mm la Ø 15 mm	22	15	4,50	1,00	5	5,00	0,065	0,021	53,2	770
SLC	9	IV	Filetare M16	—	—	21,00	1,00	22	22,00	2	2	7,5	150
ST	10	IV	Retezare la lungimea de 72 mm	15	0	9,00	1,00	9	9,00	0,065	0,036	43,1	915

17.7. PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE PENTRU PRELUCRAREA PE STRUNGURI VERTICALE MULTIPOZIŢIONALE

Acest gen de maşini-unelte se foloseşte la prelucrarea semifabricatelor de forma arborilor, discurilor, roţilor, manşoanelor ş.a. Capacitatea mare de prelucrare face rentabilă folosirea acestor maşini la prelucrarea pieselor de serie mare.

Strungurile semiautomate multipoziţionale pot avea 6 (fig. 17.16), 8 sau mai multe poziţii de lucru. După complexitatea operaţiilor de prelucrare a pieselor, acestea se pot repartiza pe toate poziţiile pe care le are strungul (fig. 17.17), prelucrarea efectuîndu-se la două aşezări.

Dacă operaţiile de executat nu necesită folosirea tuturor poziţiilor, repartizarea se va face în aşa fel, încît să se folosească numai o parte din poziţii.

Pentru folosirea capacităţii maxime a strungului se pot prelucra simultan aceleaşi piese avînd 2 sau mai multe poziţii de fixare după împărţirea operaţiilor pe poziţii. Repartizarea operaţiilor în aceste cazuri se va face în aşa fel încît să corespundă unui ciclu complet. Pentru repartizarea poziţiilor pentru prelucrarea a două piese diferite (fig. 17.18) se iau două poziţii de fixare a pieselor şi de trei ori cîte două poziţii de lucru.

La proiectarea procesului tehnologic se va da atenţie deosebită calculului regimurilor de aşchiere. În prima fază se vor stabili regimurile separat pentru fiecare poziţie, după care se va face o verificare a acestora, astfel ca durata de lucru, timpul de maşină, să fie acelaşi la toate poziţiile. Prin această verificare se poate realiza o îmbunătăţire a durabilităţii sculelor, folosindu-se viteze economice.

În cazul prelucrării de degroşare a unor suprafeţe mari, se pot folosi un număr mare de scule, care să lucreze simultan. Nu este indicat însă a se concentra un număr mai mare de 6 . . . 8 scule la o poziţie, deoarece, pe de o parte, creşte puterea necesară (în, procesul de aşchiere apărînd vibraţii şi producîndu-se o uzură mai accentuată a sculelor) iar pe de altă parte, prin creşterea numărului de scule, creşte foarte mult timpul necesar pentru reglare.

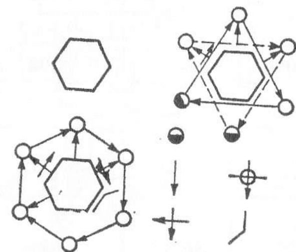


Fig. 17.16. Schema unei maşini cu 6 poziţii

Practic, reglarea sculelor la aceste maşini durează 1 . . . 1,5 ore pe schimb, o creştere a timpului de reglare conducînd la reducerea sau chiar anularea avantajului pe care îl prezintă prelucrarea pe aceste maşini, la care timpul de maşină pentru toate poziţiile corespunde ca durată fazei celei mai lungi.

În general, la stabilirea numărului de scule care să lucreze simultan şi a regimului de aşchiere se va lua în considerare rigiditatea sistemului tehnologic.

Productivitatea ridicată la prelucrarea pe aceste maşini este determinată şi de faptul că operaţiile de fixare şi defixare a pieselor se execută simultan cu fazele de lucru.

Alegerea sculelor este foarte importantă. Se recomandă a se folosi scule cu rezistenţă mare la uzură pentru a se evita necesitatea unor schimbări frecvente a sculelor.

La prelucrarea unor suprafeţe de lungime mai mare, pentru reducerea timpului de maşină se poate face o împărţire a suprafeţei pentru a fi prelucrată la mai multe poziţii sau se măreşte numărul de cuţite pentru prelucrarea la aceeaşi poziţie. Această împărţire

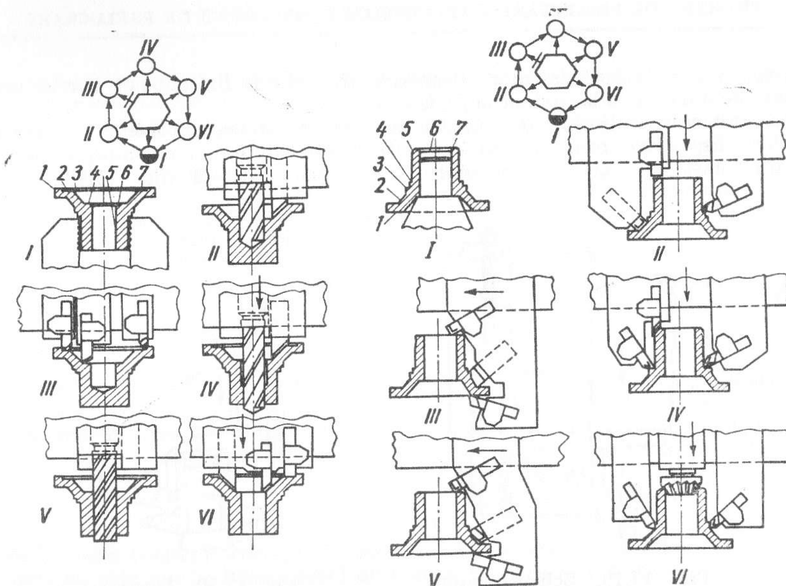


Fig. 17.17. Schema prelucrării unei piese la 2 aşezări

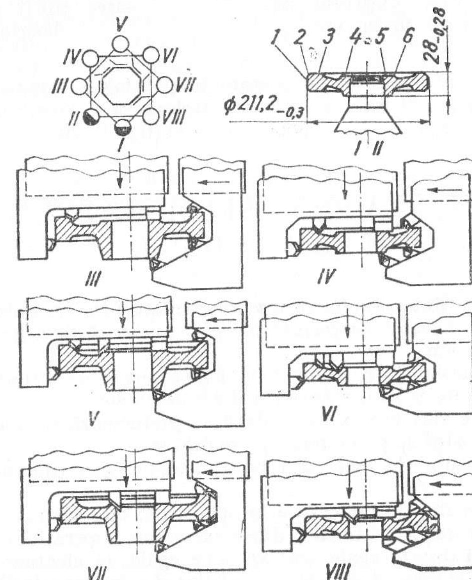


Fig. 17.18. Schema prelucrării a două piese diferite

se va face numai la prelucrarea de degroșare, deoarece la finisare pot rămîne urme și diferențe de dimensiuni la limitele suprafețelor.

La prelucrarea de finisare, pentru a se evita rizarea suprafeței prelucrate, se pot folosi dispozitive prin care să se realizeze o îndepărtare a cuțitului de pe suprafața prelucrată la cursa de revenire la poziția verticală (fig. 17.19).

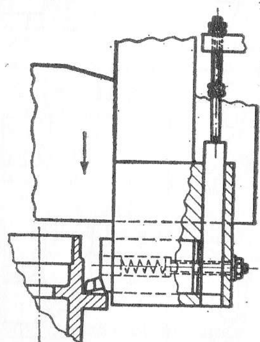


Fig. 17.19. Schema unui dispozitiv special pentru îndepărtarea cuțitului la cursa de întoarcere

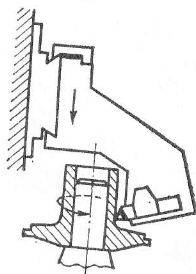


Fig. 17.20. Dispozitiv pentru compensarea erorii de indexare

Pentru asigurarea preciziei de prelucrare se pot folosi dispozitive speciale. Astfel pentru compensarea erorii de indexare a mesei, trebuie să se asigure o fixare perpendiculară a cuțitului în suport printr-un dispozitiv special (fig. 17.20).

17.8. PROIECTAREA PROCESELOR DE PRELUCRARE PENTRU LINII TEHNOLOGICE

Liniile tehnologice sînt caracterizate prin aranjamentul mașinilor-unelte în ordinea succesiunii operațiilor. Aceasta reprezintă o formă avansată de organizare și desfășurare a procesului de prelucrare.

După gradul de mecanizare, liniile tehnologice pot fi *linii simple, linii mecanizate, linii automatizate,* numite și linii transfer și *linii automate.*

Liniile tehnologice sînt *monovalente,* dacă se prelucrează un singur fel de piese, și *polivalente,* dacă pe acestea se prelucrează piese diferite.

Organizarea procesului de prelucrare pe linii tehnologice impune satisfacerea următoarelor cerințe:

— divizarea procesului de prelucrare în operații și faze cît mai simple;
— așezarea posturilor de lucru în ordinea succesiunii operațiilor;
— asigurarea unei durate egale, sau aproape egale, la efectuarea fiecărei operații;
— sincronizarea riguroasă a duratei operațiilor și a transporturilor pieselor de la un loc de muncă la altul.

În vederea valorificării avantajelor economice ale liniilor tehnologice se mai cere îndeplinirea următoarelor condiții:

— volumul producției să corespundă pentru o cotă optimă de amortizare a utilajului;
— asigurarea constantei constructive a produsului;
— asigurarea constantei caracteristicilor calitative și cantitative ale semifabricatului;
— folosirea (încărcarea) optimă a utilajului;
— aplicarea unui sistem sigur de comandă și reglare;
— asigurarea constanței procesului tehnologic.

În acest sens, se va calcula ritmul R care trebuie să fie asigurat de linie:

$$R = \frac{F_n s \eta}{N} \quad \text{sau} \quad R = \frac{F_r s}{N} \tag{17.13}$$

în care: F_n este fondul nominal de timp anual pentru un schimb; F_r — fondul real de timp; s — numărul de schimburi; N — numărul de produse prelucrate pe linie, în bucăți pe oră; η — coeficient de utilizare a fondului de timp nominal ($\eta = 0,8 \ldots 0,9$).

Cunoscînd ritmul se poate determina numărul m_i de posturi de lucru necesare

$$m_i = \frac{T_{ni}}{R} \tag{17.14}$$

în care T_{ni} este timpul normă pentru operația considerată.

Dacă m_i este număr întreg, locul de muncă va avea o încărcare uniformă, fluxul de prelucrare va fi continuu.

Dacă m_i este fracționar, prin rotunjirea în sus, se obține un număr întreg mai mare, ceea ce înseamnă că încărcarea nu va fi uniformă și că se vor produce aglomerări la operațiile cu productivitate mai mică, fluxul va fi discontinuu.

Pentru întocmirea și studierea planului de desfășurare a procesului tehnologic datele caracteristice se prezintă tabelar. Astfel, pentru un proces tehnologic de prelucrare a unei serii de roți dințate cu un ritm de 4 minute (tabelul 17.14) coeficientul mediu de

Tabelul 17.14

Proces tehnologic pentru prelucrarea unei serii de roți dințate

Operația	Timp normat, min	Nr. de mașini necesare, buc.	Nr. de mașini admis, buc.	Încărcarea mașinilor	Ore de funcționare pe schimb
Găurire, adîncire	3	0,75	1	0,75	6
Broșare	1	0,25	1	0,25	2
Strunjire degroșare	2	0,50	1	0,50	4
Strunjire finisare	2	0,50	1	0,50	4
Control tehnic	—	—	—	—	—
Danturare degroșare	10	2,5	3	0,83	6,64
Danturare finisare	6	1,5	2	0,75	6
Netezire dantură	22	5,5	6	0,92	7,36
Rotunjire dantură	2	0,5	1	0,50	4
Control	—	—	—	—	—
Total:	48	—	16	5,00	—

încărcare a liniei este

$$\eta = \frac{\Sigma \eta_i}{\text{nr. operații}} = \frac{5}{8} = 0{,}625.$$

Pe baza datelor din tabelul 17.14 se întocmește planul de desfășurare a procesului tehnologic (fig. 17.21). În grafic, segmentele de dreaptă orizontale îngroșate reprezintă durata de funcționare continuă a mașinilor-unelte. Liniile întrerupte arată durata cît mașinile-unelte nu sînt încărcate.

Pe baza acestui plan se poate organiza munca în așa fel încît lucrătorii să deservească mai multe mașini în perioada în care rămîne timp disponibil (exemplu: operația 1 sau 2).

Timpul disponibil la mașinile de la celelalte operații poate fi folosit pentru prelucrarea altor piese.

Problema repartizării duratei operațiilor pe mașinile-unelte încărcate incomplet se cere a fi analizată cu multă atenție. O repartizare necorespunzătoare are ca urmare o aglomerare de produse neterminate la unele locuri de lucru sau lipsă de piese la alte locuri de lucru. O verificare a stocurilor de produse neterminate pe linie, la un anumit moment, se face prin determinarea mărimii stocului cu ajutorul relației:

$$s = \frac{m_i T_i}{t_{ni}} - \frac{m_{i+1} T_{i+1}}{t_{n(i+1)}} \tag{17.15}$$

în care m_i și m_{i+1} reprezintă mașinile-unelte de la operația i, respectiv $i + 1$, T_i și T_{i+1} — durata de funcționare continuă a mașinilor-unelte, iar t_{ni}, $t_{n(i+1)}$ — timpii normați pentru aceleași operații.

Examinînd situația pentru exemplul admis, la primul punct de inflexiune se obține:

$$s_i = \frac{m_1 T_1}{t_{n1}} - \frac{m_2 T_2}{t_{n2}} = \frac{1 \cdot 180}{3} - \frac{1 \cdot 0}{1} = +60 \text{ buc.}$$

Dacă rezultatul este cu semnul minus, înseamnă că mașina poate ajunge la un moment dat în gol de producție, dacă nu se iau măsuri de asigurare a stocului necesar de piese pentru prelucrare.

Deoarece stocul de piese de pe linie este direct proporțional cu T_i și deci cu perioada de repetare R_p, pentru a nu avea stocuri mari se va lucra în perioade mai mici (fig. 17.22). Reducerea perioadei de repetare poate provoca însă prejudicii privind operativitatea lucrului pe linii și productivitatea muncii.

Reducerea stocurilor pe linie se poate realiza și prin respectarea unor reguli privind poziționarea segmentelor de dreaptă care reprezintă intervale de funcționare continuă a mașinilor-unelte neîncărcate suficient pe perioada R_p, astfel:

— în cazul în care $t_{ni} < t_{n(i+1)}$ se recomandă să se înceapă concomitent lucrul la mașinile neîncărcate suficient, terminarea concomitentă a lucrului implicînd apariția unui stoc mai mare;

— cînd $t_{ni} > t_{n(i+1)}$, spre a obține un stoc minim în decursul perioadei, se recomandă ca mașinile de la operațiile vecine să termine lucrul concomitent, începerea concomitentă prilejuind creșterea stocului pe linie;

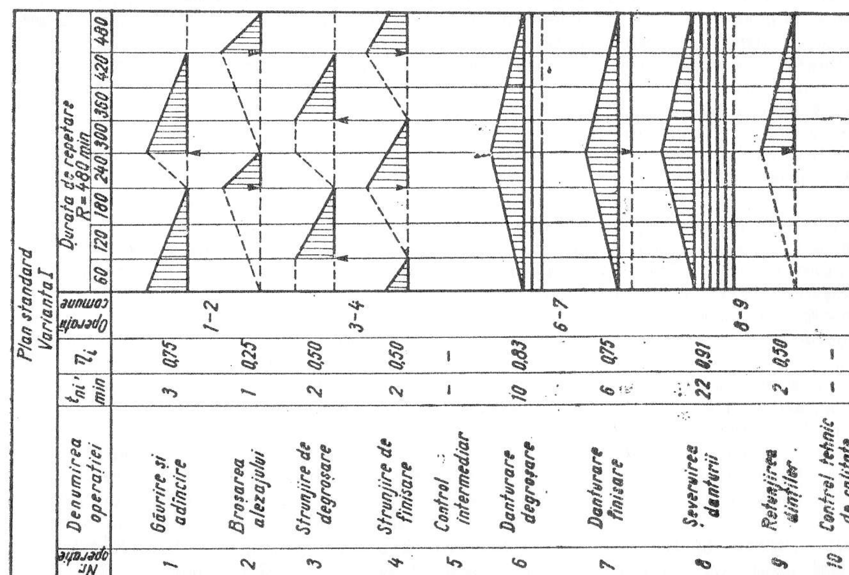


Fig. 17.21. Plan de desfășurare a procesului de prelucrare pe o linie tehnologică

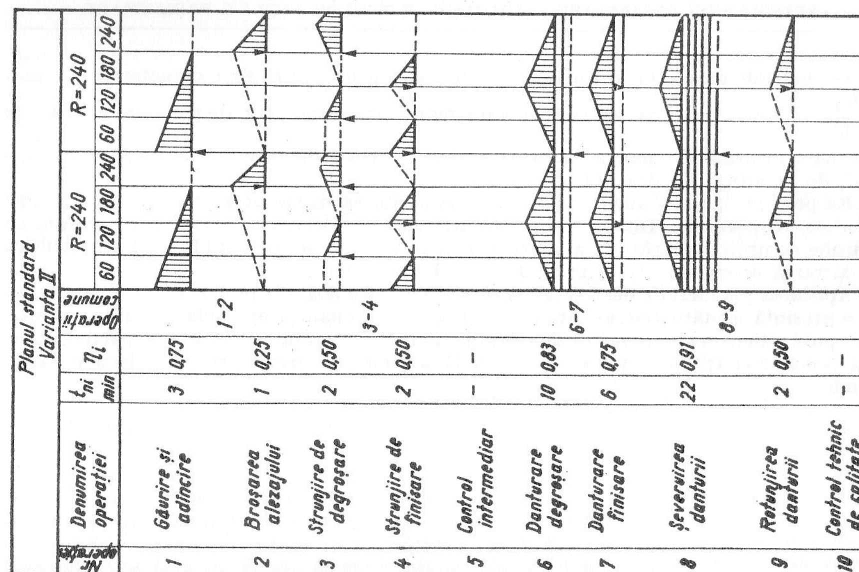


Fig. 17.22. Plan de desfășurare a procesului de prelucrare de la fig. 17.22, cu o perioadă de repetare mai mică

— cînd într-un sector al liniei există operații pentru care este caracteristic raportul $\frac{t_{ni}}{R} < 1$, se impune ca segmentele care reprezintă intervalele de timp de funcționare continuă a locurilor de muncă, la care se execută aceste operații, să fie dispuse în „cascadă" de la stînga la dreapta.

Respectarea acestor reguli asigură, în majoritatea cazurilor stocuri minime pentru produsele neterminate. Totuși uneori este necesară încălcarea acestor reguli, impusă de condițiile de utilizare rațională a forței de muncă pe linie sau de felul în care se planifică concentrarea operațiilor la locurile de muncă ale liniei.

Aplicarea planului de desfășurare a procesului tehnologic la proiectarea liniilor tehnologice prezintă următoarele avantaje: amplasarea rațională a utilajului pe linie, ritmicitatea producției, evidențierea rezervelor de muncă a mașinilor încărcate parțial, creșterea productivității prin folosirea rațională a timpului muncitorilor în decursul unui schimb.

18. PROIECTAREA ȘI CONSTRUCȚIA DISPOZITIVELOR

18.1. INTRODUCERE

18.1.1. DEFINIREA ȘI CLASIFICAREA DISPOZITIVELOR

În general, noțiunea de dispozitiv are o semnificație foarte largă. Prin dispozitiv utilizat în cadrul proceselor tehnologice din industria constructoare de mașini, se înțelege sistemul tehnic, constituind o unitate din punct de vedere funcțional, care stabilește și menține sau modifică orientarea obiectelor de lucru sau a sculelor putînd îndeplini și funcții ale mașinilor de lucru sau ale operatorului. Orientarea obiectelor de lucru sau a sculelor, reprezintă acțiunea de stabilire a poziției relative a elementelor geometrice ale acestora față de direcțiile unor mișcări date. În cazul dispozitivelor de instalare, pentru operații de prelucrare mecanică, direcțiile mișcărilor față de care se realizează orientarea, sînt cele de generare a suprafețelor și cele de reglare dimensională (reglarea dimensională reprezentînd totalitatea mișcărilor necesare pentru stabilirea cotelor de reglare, rezultate din lanțul de dimensiuni tehnologice, în condițiile asigurării preciziei operației). Funcțiunile dispozitivelor pot fi de alimentare, instalare, mișcare și control; acțiunea esențială, comună acestor funcții, este de orientare a obiectelor de lucru sau a sculelor. Astfel, de exemplu, instalarea unui obiect supus prelucrării necesită orientarea acestuia (prin așezare și rezemare), menținerea orientării lui (prin fixare) și reglarea dimensională în așa fel încît suprafețele rezultate în urma prelucrării să rezulte la dimensiunile și la precizia impusă. Dacă dispozitivul realizează toate acțiunile enumerate anterior, el este denumit de instalare, iar în cazul în care reglarea dimensională este realizată de mașina-unealtă, de exemplu, dispozitivul este de prindere.

Din punctul de vedere al funcțiunilor pe care le îndeplinesc, dispozitivele pot fi clasificate în: dispozitive de alimentare, dispozitive de instalare, dispozitive de mișcare și dispozitive de control. În funcție de mișcarea realizată, dispozitivele de mișcare pot fi cu mișcare complexă, cu mișcare liniară sau cu mișcare circulară; cele cu mișcare circulară pot avea o axă orizontală, verticală sau după o direcție oarecare. Dispozitivele care îndeplinesc mai multe din funcțiunile amintite sînt dispozitive cu funcțiuni complexe sau dispozitive complexe.

Dispozitivele pot să-și exercite funcțiunile simultan sau succesiv asupra unor obiecte de lucru sau scule. Dacă funcțiunile dispozitivelor se exercită asupra unui singur obiect, acestea se denumesc singulare. Dacă funcțiunile dispozitivului se exercită simultan asupra mai multor obiecte de lucru sau scule, supuse acelorași faze sau operații, dispozitivele se denumesc multiple. În cazul în care funcțiunile dispozitivelor se exercită simultan, asupra mai multor obiecte de lucru sau scule supuse unor faze sau operații diferite, acestea se denumesc multipoziționale.

Obiectele de lucru sau sculele, asupra cărora dispozitivele își exercită funcțiile, pot să se găsească în situații relative deosebite. Astfel, din punct de vedere tehnologic și constructiv, ele pot fi: identice (în limitele abaterilor admise), similare (asemănătoare)

şi diferite. Dispozitivele destinate să-şi exercite funcţiunile asupra unor obiecte de lucru sau scule identice sînt denumite *speciale*; iar cele pentru obiecte de lucru sau scule similare sau diferite — *specializate*, respectiv universale.

Dispozitivele pentru prelucrarea mecanică (care intră în componenţa sistemului tehnologic elastic) se mai denumesc de lucru, spre deosebire de celelalte tipuri de dispozitive ajutătoare, care sînt *exterioare acestui* sistem (fig. 18.1).

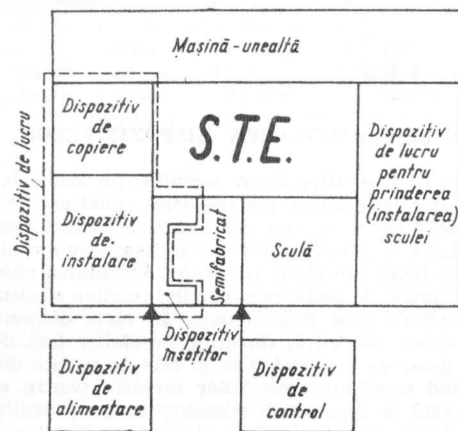


Fig. 18.1. Dispozitive de lucru şi dispozitive auxiliare

Constructiv, dispozitivul poate fi separat în ansambluri, subansambluri şi elemente constructive.

După natura unora dintre elementele constructive, dispozitivele pot fi: mecanice, electro-mecanice, electro-magnetice, magnetice, hidraulice, pneumatice, pneumo-hidraulice optice etc.

Elementele dispozitivelor pot fi normalizate, parţial normalizate şi nenormalizate. Dispozitivele cu elemente în totalitate normalizate sînt denumite dispozitive normalizate. Normalizarea parţială a elementelor dispozitivelor poate să se extindă numai asupra unor subansambluri sau ansambluri ale dispozitivelor, în care caz dispozitivul este denumit cu subansambluri, respectiv cu ansambluri normalizate. Dispozitivele constituite din elemente nenormalizate, cu excepţia elementelor de îmbinare (şuruburi, pene, ştifturi, piuliţe etc.) sînt denumite dispozitive cu elemente speciale.

În funcţie de natura acţionării, dispozitivele pot fi cu acţionarea manuală, mecanizată şi automatizată.

În general, după natura proceselor tehnologice pe care le echipează dispozitivele pot fi: pentru prelucrări mecanice, pentru montaj, pentru tratamente termice, pentru sudare, pentru control, pentru încercare etc.

Dintre dispozitivele pentru prelucrări mecanice cele de lucru se subclasifică în funcţie de natura operaţiei. Astfel, se deosebesc dispozitive de lucru pentru strunjire, găurire, alezare etc.

18.1.2. CONDIŢII IMPUSE DISPOZITIVELOR

Condiţiile impuse dispozitivelor şi proceselor tehnologice sînt aceleaşi şi anume, de a fi raţionale, ceea ce presupune obţinerea produsului de o calitate superioară, cu minimum de preţ de cost şi de efort uman.

Dintre componentele echipamentului tehnologic, dispozitivele, de o varietate foarte mare, se pot adapta uşor condiţiilor tehnologice diverse, avînd astfel un rol activ în realizarea raţională a condiţiilor tehnologice impuse. Astfel, pe lîngă acţiunile proprii dispozitivelor, cum sînt orientarea şi fixarea obiectelor supuse prelucrării sau a sculelor, în anumite condiţii, ele pot suplini şi anumite acţiuni proprii maşinii-unelte sau operatorului. De exemplu, acţiunile proprii ale maşinilor-unelte sînt cele de realizare a mişcărilor de generare a suprafeţelor. Suplinirea acestor mişcări de către dispozitive poate fi executată prin: completarea mişcărilor, de exemplu, cu o mişcare de copiere în cazul dispozitivelor de copiat, multiplicarea mişcărilor, în cazul capetelor de găurit multiax, asigurarea preciziei mişcărilor, în cazul dispozitivelor de alezat, la care dornul cu scule este fixat în dispozitiv la ambele capete, în care caz, precizia prelucrării nu mai este influenţată de impreciziile mişcărilor de avans ale maşinii-unelte.

Acţiunile proprii operatorului sînt cele de alimentare, orientare, fixare, control, mişcare etc. a obiectelor de lucru sau a sculelor. În cazul în care cerinţele impuse procesului tehnologic, rezultate din condiţii de raţionalitate a acestuia, depăşesc posibilităţile fiziologice ale operatorului, dispozitivelor sau maşinilor-unelte le revine sarcina de a prelua în parte sau în întregime, acţiunile operatorului. În aceste cazuri sînt introduse dispozitivele de alimentare, de mişcare şi de control, iar dispozitivele pentru instalare sînt prevăzute cu sisteme de acţionare mecanizate sau automatizate, la care mişcarea, de orientare a obiectului se execută simultan sau succesiv cu mişcarea de fixare. Astfel, de exemplu, orientarea pieselor în mandrinele universale se realizează simultan cu cea de fixare, iar pentru instalarea pieselor la operaţia de frezare mişcarea pentru orientarea piesei şi pentru fixarea ei se desfăşoară *succesiv în timp*, de la o acţionare comună (fig. 18.2).

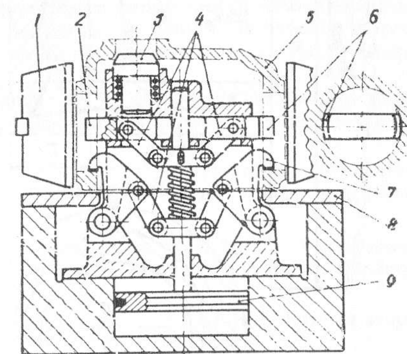


Fig. 18.2. Realizarea succesivă a mişcărilor de orientare şi fixare a obiectivului supus prelucrării de la o acţionare comună, în cazul unui dispozitiv de prindere pentru frezare:
1 — freză; 2 şi 6 — bolţuri; 3 — vîrf deplasabil; 4 — pîrghii; 5 — obiect supus prelucrării

Proiectarea dispozitivelor este indisolubil legată de proiectarea proceselor tehnologice; cele două acţiuni fiind în strînsă interdependenţă şi condiţionare reciprocă, iar variantele de proiectare pot fi multiple. Preferinţa pentru anumite dispozitive trebuie motivată prin consideraţii tehnologice şi economice, productivitate etc.

Consideraţiile tehnologice se referă la condiţiile de lucru care asigură obţinerea produsului, astfel încît să corespundă condiţiilor de utilizare.

Consideraţiile economice impun, în general, proiectarea dispozitivelor prin care procesul tehnologic se realizează cu cele mai mici cheltuieli de producţie. Consideraţiile tehnologice şi economice sînt, de obicei, factori decisivi pentru elaborarea celor mai raţionale dispozitive şi procese tehnologice.

Productivitatea maximă a unui dispozitiv e un factor decisiv numai dacă e necesară o productivitate foarte mare, impusă. Din cauza cheltuielilor mari de investiție, dispozitivul cu productivitate maximă nu este, de multe ori și cel mai economic.

18.2. BAZAREA OBIECTELOR DE LUCRU

Bazarea obiectelor de lucru reprezintă operația de stabilire a bazelor de referință. Alegerea bazelor de referință constituie o acțiune de o însemnătate deosebită, de reușita acesteia depinzînd în mare măsură precizia prelucrării precum și simplitatea sau complexitatea dispozitivului.

În principiu, alegerea bazelor de referință are în vedere: obținerea unor lanțuri de dimensiuni cu elemente minime; eliminarea abaterilor de bazare, prin excluderea din lanțul de dimensiuni tehnologice a dimensiunilor aparținînd obiectului de lucru cu excepția acelora considerate drept dimensiuni de închidere; obținerea unei construcții simple a dispozitivului și ușor de realizat, în vederea reducerii costului acestuia; reducerea la minimum a timpilor auxiliari și eliminarea acțiunii variației forțelor de stringere asupra preciziei de prelucrare prin alegerea bazelor de fixare a elementelor care au o direcție paralelă cu direcția dimensiunii obținute în urma prelucrării.

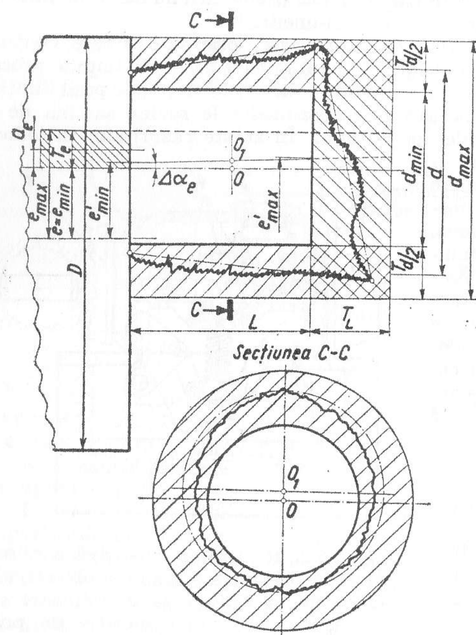


Fig. 18.3. Abaterile de prelucrare ale unei piese excentrice

Obiectele de lucru sînt corpuri, sau sisteme de corpuri caracterizate prin elemente geometrice dimensiuni și baze de referințe. În timpul procesului de muncă acestea își modifică forma și dimensiunile, ajungînd de la stadiul de semifabricat la acela de produs finit, care poate fi o piesă sau un sistem tehnic.

Elementele geometrice ale produselor. Acestea sînt părțile geometrice elementare în care pot fi descompuse produsele. Piesele de formă oricît de complicată pot fi descompuse în corpuri elementare. De exemplu excentricul din fig. 18.3 se poate afirma că este constituit din doi cilindri de dimensiuni diferite, așezați, cu axele paralele, la o distanță egală cu excentricitatea *e*.

Corpurile elementare ale produselor sînt delimitate de suprafețe, intersecțiile acestora determinînd anumite linii, iar intersecțiile acestora din urmă diferite puncte, toate constituind elementele geometrice reale ale produselor. Elementele reale ale produselor au

întotdeauna forme curbe complexe, care nu pot fi definite. Astfel, ceea ce se numește suprafață plană a unui produs, în realitate este o suprafață curbă neregulată, complexă, determinată de ondulațiile și microneregularitățile suprafeței. În acest caz, pentru a distinge aceste aspecte se definesc elementele teoretice, care le aproximează pe cele reale.

Pe lîngă elementele reale în care poate fi descompus un produs, din punct de vedere geometric, acesta mai poate fi determinat de diferite elemente fictive cum sînt: plane, axe și puncte de simetrie. Este rațional să se caracterizeze poziția unei suprafețe cilindrice prin poziția axei ei, în care caz axa cilindrului constituie un element caracteristic al acestei suprafețe.

Descompunerea produselor în elemente geometrice facilitează definirea dimensiunilor și bazelor de referință.

Dimensiuni. Prin dimensiuni se înțelege lungimea segmentului de dreaptă care determină singur sau împreună cu altele, mărimea și poziția relativă a elementelor geometrice ale unui produs.

Dimensiunile pieselor sînt determinate în prealabil prin proiectare, astfel încît să corespundă condițiilor prestabilite (de asamblare, rezistență statică și dinamică etc.). Această valoare a piesei se ia drept bază, indiferent de abaterile inerente care rezultă din execuție și se introduc în calculele privind obiectul considerat, fiind denumită dimensiune nominală.

O parte din dimensiunile unui produs (*D*, *d*, *L*, fig. 18.3) determină dimensiunile și implicit mărimea suprafețelor, iar altele poziția relativă a volumelor elementare.

Dimensiunile care determină mărimea elementelor produsului poartă denumirea de dimensiuni sau cote (după cum se referă la produs sau la desenul de execuție al produsului) spre deosebire de dimensiunile sau cotele de coordonare, care determină poziția relativă a elementelor produsului.

Pentru a reflecta rolul pe care îl au dimensiunile în asigurarea funcționării piesei sau la executarea ei, acestea se pot clasifica în dimensiuni funcționale, respectiv dimensiuni tehnologice.

Baze de referință. Prin bază de referință se înțelege elementul component al unui produs, care ocupă la un moment dat o situație deosebită, în raport cu care se studiază situația celorlalte elemente.

Pentru a exprima rolul pe care îl au bazele de referință (pe scurt bazele) în asigurarea funcționării piesei (ansamblului) sau la executarea acesteia, bazele se pot clasifica în funcționale, respectiv tehnologice.

O subclasificare a bazelor în cadrul proiectării dispozitivelor, în funcție de scopul pentru care se definesc, se prezintă în continuare.

Baze de proiectare sau cotare sînt elementele geometrice față de care se determină poziția altor elemente geometrice la proiectare, respectiv la executarea unei piese. Astfel, suprafețele S_1 și S_2 (fig. 18.4) constituie baze de cotare pentru alezajul cu axa în O_1, a cărui poziție este determinată de cotele de coordonare C_1 și C_2, pentru desenul de execuție al piesei și baze de proiectare pentru piesă.

Pentru respectarea condițiilor funcționale impuse piesei este întotdeauna necesar ca baza de cotare să coincidă cu baza de proiectare; în caz contrar piesa proiectată nu va coincide cu cea obținută prin prelucrare.

Baze de măsurare sînt acele elemente geometrice ale piesei de la care se măsoară dimensiunile obținute în urma prelucrării, în scopul verificării acestora. Bazele de măsurare coincid cu bazele de proiectare atunci cînd sînt elemente reale ale produsului. Cînd unul sau ambele elemente sînt fictive (nematerializate), baza de măsurare diferă de cea de

proiectare aşa cum este cazul măsurării distanţei L (fig. 18.4) între axele alezajelor O_1 şi O_2. În acest caz drept baze de măsurare pot fi alese generatoarele A_1 şi A_2 sau B_1 şi B_2, iar mărimea distanţei L, rezultă prin adunarea, respectiv scăderea, sumei jumătăţilor diametrelor măsurate în prealabil.

Baza de prelucrare este elementul geometric al piesei obţinut în urma prelucrării, pentru care se determină sau se studiază precizia de prelucrare. Astfel, la excentricul

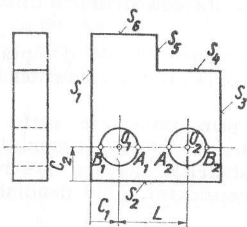


Fig. 18.4. Cotarea poziţiei unui alezaj şi măsurarea distanţei între axele a două alezaje

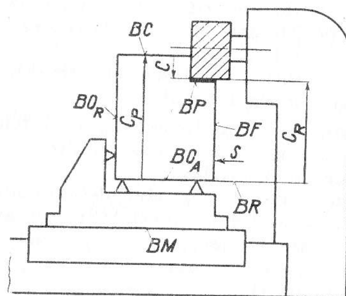


Fig. 18.5. Bazele de referinţă ale unei scheme de instalare pentru prelucrarea prin frezare a unui semifabricat:
BC — bază de cotare; BO_A — bază de orientare de aşezare; BO_R — bază de orientare de rezemare; BF — bază de fixare; BM — bază de montare; BP — bază de prelucrare.

din fig. 18.3 atît dimensiunea suprafeţei d cît şi cea de coordonare e se obţin simultan, în urma aceleiaşi prelucrări. Pentru precizia dimensiunii suprafeţei d suprafaţa cilindrică exterioară a bolţului constituie bază de prelucrare, iar pentru precizia de poziţionare a bolţului faţă de discul excentricului, deci pentru precizia dimensiunii de coordonare e, axa geometrică a bolţului (O_1) constituie bază de prelucrare.

Baze tehnologice sînt elementele geometrice dedublate, aparţinînd pe de o parte obiectului de prelucrat, iar pe de altă parte dispozitivului sau altei componente a sistemului tehnologic elastic (S.T.E.) prin care se determină orientarea obiectului de prelucrat şi se menţine orientarea lui, în vederea realizării operaţiei tehnologice.

Prin orientarea obiectului de prelucrat se introduc relaţii binare determinate între direcţiile elementelor geometrice ale produsului, care sînt baze de referinţă, şi direcţiile mişcărilor de generare a suprafeţelor de prelucrare şi cele ale mişcărilor de reglare. Orientarea obiectului supus prelucrării face posibilă stabilirea distanţelor între elementele acestuia şi celelalte elemente ale componentelor STE, fără a realiza acest lucru. Stabilirea distanţelor relative între elementele produsului şi celelalte elemente ale componentelor STE revine acţiunii de reglare. Relaţiile binare necesare orientării sînt de apartenenţă, direcţie şi sens, iar relaţiile binare necesare reglării sînt de egalitate.

Bazele de referinţă tehnologice sînt de orientare (BTO) şi de fixare (BTF), după cum prin ele se asigură orientarea produsului, respectiv menţinerea orientării lui (fig. 18.5). Iniţialele A şi R ale bazelor tehnologice de orientare (sau baze de orientare) reprezintă iniţialele bazelor de orientare de aşezare, respectiv de rezemare.

Baze de reglare sînt elementele componentelor STE de la care se definesc şi se realizează dimensiunile de reglare în aşa fel încît să se asigure realizarea preciziei de prelucrare impuse. În funcţie de componenţa STE care realizează mişcarea de reglare, se deosebeşte reglarea maşinii-unelte, reglarea dispozitivului, reglarea sculei şi reglarea piesei. În exemplul din fig. 18.5 baza de reglare BR este identică cu baza de orientare de aşezare a dispozitivului, iar mişcarea de reglare este asigurată de maşina-unealtă

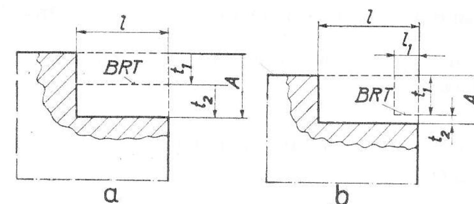


Fig. 18.6. Baze de reglare temporare

prin deplasarea pe verticală a mesei, în vederea stabilirii cotei de reglare C_R care rezultă din lanţul de dimensiuni tehnologice în condiţiile respectării toleranţei impuse la dimensiunea de prelucrare C.

În producţia de serie mică şi unicate este des folosită metoda creării bazelor de reglare temporare (BRT) prin metoda aşchiei de probă. În fig. 18.6, b precizia de prelucrare va fi cu atît mai mare cu cît adaosul rămas t_2 după aşchierea de probă pe lungimea redusă l_1 este mai mic. Reducerea exagerată a acestuia poate cauza rebutarea piesei pe porţiunea de probă l_1. Această metodă poate fi utilizată cînd întregul adaos de prelucrare t poate fi îndepărtat la o singură trecere. În cazul în care adausul de prelucrare are valori mari (fig. 18.6,a) şi nu poate fi îndepărtat la o singură trecere se caută îndepărtarea la prima trecere a unei părţi din adaosul de prelucrare astfel încît, pe cît posibil, să existe egalitatea $t_1 = t_2$. Cu cît t_1 este mai apropiat de valoarea t_2, cu atît mai mică va fi abaterea obţinută în urma prelucrării. Aplicarea metodei din fig. 18.6,b pentru acest caz ar necesita 3 treceri (una de probă) în loc de două.

Baze de montare a dispozitivului pe maşina-unealtă sînt elementele geometrice dedublate, aparţinînd pe de o parte dispozitivului, iar pe de altă parte maşinii-unelte, care caracterizează poziţia relativă a acestor componente ale STE. Altfel spus, bazele de montare sînt elementele caracteristice ale suprafeţelor de contact între dispozitiv şi maşina-unealtă. În fig. 18.5 baza de montare este o axă paralelă cu direcţia avansului, conţinută în suprafaţa plană (BM). În cazul montării unei mandrine universale pe capătul arborelui principal al unui strung, baza de montare este reprezentată de axa geometrică a arborelui care caracterizează contactul dispozitiv-maşină unealtă, constituit de două suprafeţe cilindrice sau conice.

18.3. ELEMENTELE ŞI MECANISMELE DISPOZITIVELOR

În funcţie de rolul pe care îl au în cadrul dispozitivului, elementele şi mecanismele acestuia pot fi:
— elemente şi mecanisme de orientare;
— elemente şi mecanisme de fixare (inclusiv cele de acţionare);

— elemente și mecanisme de reglare;
— elemente și mecanisme de asamblare și montare.

În cazul în care semifabricatele nu se așază direct pe masa mașinii-unelte, poziția relativă a elementelor și mecanismelor amintite anterior se asigură prin intermediul corpului dispozitivului sau plăcii de bază a acestuia.

Întrucît orientarea este comună tuturor tipurilor de dispozitive, elementele și mecanismele de orientare intră în componența tuturor tipurilor de dispozitive, celelalte tipuri de elemente și mecanisme se găsesc în componența anumitor tipuri de dispozitive, de la caz la caz.

Elementele și mecanismele enumerate mai înainte intră, în general, în componența dispozitivelor de instalare.

18.3.1. ABATERILE DE INSTALARE ALE OBIECTELOR DE LUCRU ÎN DISPOZITIV

Abaterea de instalare ε, ca una din componentele abaterii generale a dimensiunii executate, se compune din abaterea de bazare ε_b, abaterea de fixare, cauzată de variația forțelor de stringere ε_s și abaterea de orientare ε_0.

Abaterea de bazare depinde de alegerea schemei de instalare și apare atunci cînd baza de reglare nu coincide cu baza de cotare sau în cazul în care elementele în coincidență nu sînt de aceeași natură.

Abaterea de fixare reprezintă valoarea domeniului de dispersie al bazei de cotare (proiectare) ca urmare a deformațiilor cauzate de variațiile forței de stringere. Notînd deformațiile corespunzătoare forței de stringere maxime și minime cu $\delta_{s\,max}$, respectiv $\delta_{s\,min}$, abaterile de fixare se pot determina cu relația:

$$\varepsilon_s = (\delta_{s\,max} - \delta_{s\,min}) \cos\alpha \qquad (18.1)$$

în care α este unghiul dintre direcția dimensiunii executate și direcția de deplasare a bazei de cotare. Expresia din paranteză determină distanța dintre pozițiile limită ale bazei de cotare, adică domeniul de dispersie al acestei baze. La o rigiditate suficientă a dispozitivului și semifabricatului deplasările sînt cauzate de deformațiile de contact ale semifabricatului cu elementele de orientare. Deformațiile de contact pentru îmbinările semifabricat — elemente de orientare, se exprimă în general prin relația:

$$\delta = CR^n \qquad (18.2)$$

în care: R este forța de reacțiune ce revine îmbinării, în punctul de contact; C — coeficientul care caracterizează tipul contactului (materialul semifabricatului, rugozitatea și structura stratului superficial); n — coeficient subunitar.

Fig. 18.7. Dependența deformațiilor de contact δ de reacțiune normală R

Pentru fiecare caz concret, valorile C și n se stabilesc experimental. Dependența deformațiilor de contact în funcție de valoarea forței de reacțiune este reprezentată grafic în fig. 18.7.

Înlocuind valorile maxime și minime ale deformațiilor de contact în relația (18.1), se obține abaterea de fixare ca funcție a variației forțelor de fixare

$$\varepsilon_s' = C(R_{max}^n - R_{min}^n) \cos\alpha \qquad (18.3)$$

Notînd raportul $\frac{R_{max}}{R_{min}} = K$ și considerînd forța medie R_m drept forța de calcul, se obține: $\varepsilon_s' = 2^n C R_m^n \frac{K^n - 1}{(K+1)^n} \times \cos\alpha$.

La mecanismele de stringere pneumatice și hidraulice K este apropiat de 1. Pentru dispozitive de stringere acționate manual $K = 1{,}3$ dacă poziția manetei este comodă și $K = 1{,}5 \dots 1{,}6$ dacă poziția manetei este incomodă. La $K = 1$, $\varepsilon_s = 0$.

Considerînd forța de stringerea constantă se poate obține eroarea de fixare ε_s'', determinată de neomogenitățile proprietăților stratului de suprafață al semifabricatului:

$$\varepsilon_s'' = (C_{max} - C_{min}) R^n \cos\alpha. \qquad (18.4)$$

Experiențele executate cu suprafețe de bază brute ale semifabricatelor, au stabilit că dispersia punctelor experimentale care caracterizează mărimea deplasărilor la $R = \text{const}$ este pînă la 10% în ambele sensuri, față de valoarea medie C. Pentru cazul analizat, se poate considera aproximativ:

$$\varepsilon_s'' = 0{,}2CR^n \cos\alpha. \qquad (18.5)$$

Pentru neomogenitatea rugozității suprafețelor, cînd raportul înălțimilor maxime și minime a rugozităților este 2, eroare de fixare este în medie de 30% din mărimea deplasărilor.

Presupunînd că distribuția abaterilor ε_s' și ε_s'' se supune unei legi normale, se obține eroarea generală de fixare:

$$\varepsilon_s = \sqrt{\varepsilon_s'^2 + \varepsilon_s''^2}. \qquad (18.6)$$

Presările elastice ale subansamblelor dispozitivului provoacă deplasarea semifabricatului. Drept rezultat apare eroarea componentă de fixare suplimentară ε_s''', în care caz:

$$\varepsilon_s = \sqrt{(\varepsilon_s' + \varepsilon_s''')^2 + \varepsilon_s''^2}. \qquad (18.7)$$

Din relațiile obținute rezultă că $\varepsilon_s' = 0$ la $\varepsilon_s = 0$ folosirea acționărilor care asigură eforturi de stringere constante ($S = \text{const}$) precum și în cazul cînd deplasarea semifabricatului sub influența forțelor de stringere se produce perpendicular pe direcția dimensiunii executate ($\cos\alpha = 0$).

Abaterea datorată orientării sau de orientare reprezintă limitele maxime de variație a bazelor de orientare față de baza de orientare stabilită teoretic ca urmare a abaterilor constructive ale dispozitivului, a uzurii elementelor acestuia, precum și a erorilor de montare a dispozitivului pe mașina-unealtă.

Abaterile constructive ale dispozitivului sînt inevitabile și depind de abaterile de fabricație ale pieselor acestuia, de abaterile de asamblare ulterioară, ale ajustării și

reglării lui. În fiecare caz în parte este necesar să se stabilească abaterile admisibile de fabricare ale dispozitivului, în funcție de toleranțel pentru dimensiunea executată.

Intensitatea uzurii elementelor de orientare depinde de construcția și dimensiunea acestora, de materialul și masa semifabricatului, de starea suprafețelor acestuia, precum și de condițiile de așezare și scoaterea semifabricatului din dispozitiv. Mărimea uzurilor după normala la suprafața activă a acestora poate fi exprimată aproximativ cu relația

$$U = K_u \sqrt{N} \tag{18.8}$$

în care: N este numărul contactelor semifabricatului cu elementul de orientare, iar K_u — coeficient, care depinde de tipul elementului de orientare și de condițiile contactului, avînd următoarele valori orientative: 0,5—2 pentru suprafețe active sferice; 0,3—0,8 pentru prisme; 0,2—0,4 pentru plăcuțe; 0,05—0,1 pentru bolțuri.

Abaterile datorate montării dispozitivului pe mașina-unealtă se reduc la mărimi mici în cazul folosirii elementelor de montare. În cazul așezării pe mese cu canale T prin pene de ghidare cu joc (j_1 respectiv j_2), distanțele între pene fiind L, dezaxarea maximă poate fi exprimată cu relația:

$$\text{tg}\,\Delta\alpha = \frac{j_1 + j_2}{L}$$

iar deplasarea maximă este reprezentată de valoarea jocului maxim.

Ținînd seama că ε_b, ε_s și ε_0 reprezintă cîmpuri de dispersie a unor mărimi întîmplătoare, eroarea de instalare ε se poate determina cu relația

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_0^2}\,. \tag{18.9}$$

Alegerea schemei de instalare trebuie efectuată, comparînd abaterea ε de instalare obținută pentru cazul dat cu abaterea admisibilă T_ε. Aceasta din urmă poate fi determinată din expresia toleranței tehnologice T pentru operația executată, exprimată de relația

$$T = \sqrt{T_\varepsilon^2 + T_F^2 + T_R^2 + 3T_t^2 + 3T_u} + \Sigma\,\Delta\,\Phi \tag{18.10}$$

în care: T_F este valoarea limită de dispersie a dimensiunii în urma variației forțelor de așchiere; T_t — abaterile de prelucrare, provocate de deformațiile STE sub acțiunea variațiilor de temperatură; T_R — eroarea de reglare; T_u — uzura admisă sculei, iar $\Sigma\Delta\Phi$ — suma aritmetică a abaterilor de formă care apar ca urmare a abaterilor geometrice ale mașinii-unelte.

Din relația (18.10) rezultă

$$T = \sqrt{(T - \Sigma\,\Delta\,\Phi)^2 - (T_F^2 + T_R^2 + 3T_t^2 + 3T_u^2)}\,. \tag{18.11}$$

Pentru schema de instalare proiectată trebuie respectată condiția: $\varepsilon \leqslant T_\varepsilon$.

18.3.2. ELEMENTE ȘI MECANISME DE ORIENTARE

Orientarea obiectelor de lucru în dispozitive este realizată prin contactul acestora cu elementele și mecanismele de orientare ale dispozitivului. Realizarea contactului permanent cu obiectul de lucru în 6 puncte, anulează cele 6 grade de libertate ale acestuia și prin aceasta, piesa are o poziție univoc determinată față de elementele de orientare ale dispozitivului și implicit față de dispozitiv.

În funcție de numărul punctelor de contact cu obiectul de prelucrat, orientarea poate fi:

— completă, dacă numărul punctelor de contact este egal cu numărul gradelor de libertate ale obiectului de lucru, adică șase.

— Incompletă, dacă teoretic și în ansamblul orientării numărul punctelor de contact este mai mic decît 6. Această orientare este posibilă în cazul în care una sau mai multe din mișcările obiectului prelucrat nu influențează asupra poziției suprafețelor de prelucrat și asupra preciziei de execuție a acestora.

— Parțială, dacă numărul punctelor de contact (teoretic) este mai mic decît 6, dar în ansamblu orientarea este completă. Astfel, așezarea unei piese pe suprafețele ei plane necesită numai trei puncte de contact. Această orientare este parțială și este denumită așezare, dacă este urmată de o rezemare pe alte 3 puncte de contact, dintre care două formează o rezemare de ghidare. Dintre orientările parțiale, așezarea este orientarea parțială care asigură stabilitatea semifabricatului și determină tipul orientării complete.

— Nedeterminată, dacă teoretic numărul punctelor de contact este mai mare decît 6 și orientarea parțială nedeterminată, dacă teoretic numărul punctelor de contact cu un anumit element al piesei (pe care trebuie să se realizeze o orientare parțială), depășește numărul punctelor care determină, din punct de vedere matematic, natura elementului respectiv. Astfel, un al patrulea punct pe o suprafață plană a piesei provoacă o orientare parțială nedeterminată, întrucît planul este definit de 3 puncte necoliniare.

La alegerea elementelor și mecanismelor de orientare se caută evitarea orientării nedeterminate.

În cazul în care rigiditatea scăzută a obiectului de prelucrat sau forțele de strîngere și de așchiere impun un număr mai mare de puncte de contact, în vederea evitării deformării obiectului de lucru, punctele suplimentare necesare vin în contact cu acesta după orientarea lui și nu au funcția de orientare, astfel încît să fie evitată orientarea nedeterminată. Elementele și mecanismele dispozitivului care vin în contact cu piesa după orientarea acesteia, în scopul îmbunătățirii rigidității STE în ansamblu, în anumite secțiuni, sînt denumite elemente și mecanisme suplimentare de sprijin.

În funcție de tipul elementelor geometrice ale obiectelor de lucru prin care se realizează orientarea acestuia se deosebește:

— Orientarea fără simetrie (poziționare), cînd drept baze de referință tehnologice de orientare nu servesc elemente geometrice ale obiectului de prelucrat care constituie elemente de simetrie ale acestuia.

— Orientarea cu simetrie (centrare), cînd drept baze de referință tehnologice de orientare servesc elementele geometrice ale obiectului de prelucrat care sînt elemente geometrice de simetrie ale acestuia. După cum elementul de simetrie al obiectului de prelucrat este un plan de simetrie, o axă de simetrie sau un punct de simetrie se deosebește orientarea cu plan de simetrie (semicentrare), cu axă de simetrie (sau cu centrare) și respectiv cu punct sau centru de simetrie (centrare completă).

Alegerea orientării cu sau fără simetrie este impusă de bazele de cotare ale piesei. Dacă drept baze de cotare ale piesei servesc elemente de simetrie ale acesteia, atunci drept baze de orientare trebuie alese aceleaşi elemente de simetrie în scopul eliminări abaterilor de bazare.

Alegerea punctelor teoretice necesare orientării obiectelor de prelucrat, trebuie să respecte anumite reguli, care rezultă din evitarea orientării nedeterminate şi parţiale nedeterminate.

Orientarea obiectelor de prelucrat se execută întîi prin aşezarea şi apoi prin rezemare.

Pentru evitarea erorilor de orientare, elementele de fixare (strîngere) ale dispozitivului trebuie să asigure contactul obiectului de prelucrat cu elementele de orientare ale dispozitivului. Aducerea în contact a obiectului de prelucrat cu elementele de orientare ale dispozitivului se realizează prin mişcări de orientare care pot fi executate manual şi mecanizat. În majoritatea cazurilor, acţionarea mişcărilor de orientare şi a mişcărilor de fixare a obiectelor de lucru este comună şi se pot executa succesiv sau simultan.

18.3.2.1. CONDIŢII IMPUSE ELEMENTELOR ŞI MECANISMELOR DE ORIENTARE. Indiferent de ce tip sînt acestea, precizia de execuţie şi poziţia lor reciprocă în corpul dispozitivului vor influenţa în mod nemijlocit precizia de prelucrare. Din aceste motive, toate categoriile de elemente şi mecanisme de orientare vor trebui să satisfacă următoarele condiţii de bază:

— Să-şi păstreze timp îndelungat precizia dimensională şi poziţia reciprocă în corpul dispozitivului.

— Suprafeţele active să fie rezistente la uzură.

— Să fie construite şi montate în corpul dispozitivului în aşa fel încît după uzură să poată fi înlocuite cu uşurinţă.

— La folosirea bazelor brute cu rugozitatea suprafeţei mai mare de $R_a = 25\mu m$ elementele de orientare se recomandă a fi executate cu suprafeţe de rezemare cît mai mici, în scopul reducerii influenţei rugozităţii piesei asupra preciziei de orientare.

— Elementele de orientare, pe cît posibil, să nu deterioreze suprafeţele pieselor. Această cerinţă este foarte importantă la orientarea pe suprafeţe precise şi curate, care nu sînt supuse prelucrării ulterioare.

— Elementele de orientare să fie rigide şi să-şi păstreze valoarea rigidităţii în timp.

— Suprafeţele active portante ale elementelor de orientare să fie rectificate, încît rugozitatea suprafeţelor să nu depăşească valoarea $R_a = 0{,}80\mu m$.

— Fixarea elementelor de orientare în dispozitiv trebuie să evite aglomerarea aşchiilor, care ar putea modifica poziţia obiectului de lucru în dispozitiv.

18.3.2.2. ELEMENTE ŞI MECANISME DE ORIENTARE A OBIECTELOR DE LUCRU DUPĂ SUPRAFEŢELE LOR PLANE. Elementele şi mecanismele de orientare a obiectelor de prelucrat fără simetrie, după suprafeţele lor plane sînt cepurile şi plăcuţele de sprijin. Cîteva scheme de instalare pe suprafeţele plane cu orientare fără simetrie şi abaterile de bazare corespunzătoare acestora sînt date în tabelul 18.1.

Cepurile de sprijin sînt elemente de orientare normalizate. Ele pot fi fixe, reglabile şi autoreglabile.

În funcţie de forma suprafeţei active, cepurile fixe pot fi: cu cap striat, cu cap plat, cu cap bombat şi cu cap sferic (fig. 18.8,*a*), iar dimensiunile şi caracteristicile impuse cepurilor sînt indicate în tabelele 18.2—18.4.

Tabelul 18.1

Abaterile de bazare la instalarea pe suprafeţe plane fără simetrie

Schema de instalare	Dimensiunea	Abaterea de bazare
	A	$\varepsilon_{b(A)} = 0$
	B	$\varepsilon_{b(B)} = T_H$
	C	$\varepsilon_{b(C)} = 0$
	E	$\varepsilon_{b(E)} = 0$
	B	$\varepsilon_{b(B)} = h\ \mathrm{tg}\Delta\alpha$
	α	$\varepsilon_{b(\alpha)} = \Delta\beta$

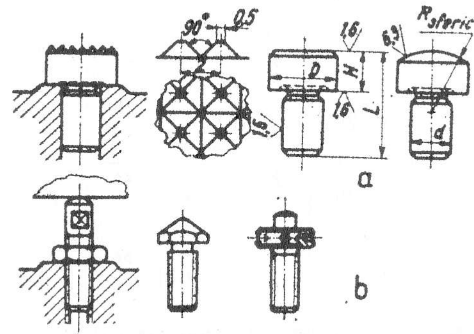
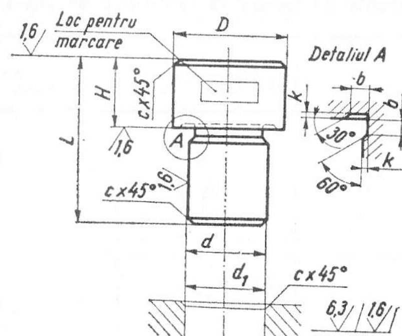


Fig. 18.8. Cepuri de sprijin:
a — fixe; *b* — reglabile

Tabelul 18.2

Dimensiunile cepurilor de sprijin cu cap plat, mm

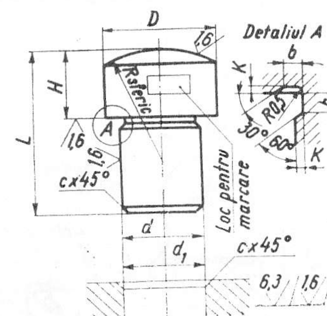


Cod	D	H (h6)	d (n6)	L	c	k	b	d_1 (h6)
7034—0001	6	4	4	10	0,7	0,25	0,8	4
7034—0002		6		12				
—0003	8	4	6	12	1	0,25	0,8	6
—0004		8		18				
—0005	12	6	8	18	1,2	0,5	1,5	8
—0006		17		24				
—0007	16	10	10	25	1,5	0,5	1,5	10
—0008		15		30				
—0009	20	12	12	30	1,8	0,5	2	12
—0010		20		38				
—0011	25	15	16	38	2	0,5	2	16
—0012		25		50				
—0013	30	20	20	50	2,5	0,5	2,5	20
—0014		30		60				
—0015	40	20	25	56	3	0,5	2,5	25
7034—0016		40		76				

Observații. 1. Exemplu de notare a unui cep de sprijin cu cap plat avînd $D = 12$ mm și $H = 6$ mm: Cep de sprijin 12×6—7034—0005. 2. Materiale OLC 15 STAS 880-66 3 Tratamente termice, cementat pe adîncimea de 0,8—1 mm, călit, revenit la $HRC = 54-58$. 4. Se va marca codul cepului și materialul (vezi și STAS 8768-71).

Tabelul 18.3

Dimensiunile cepurilor de sprijin cu cap bombat, mm

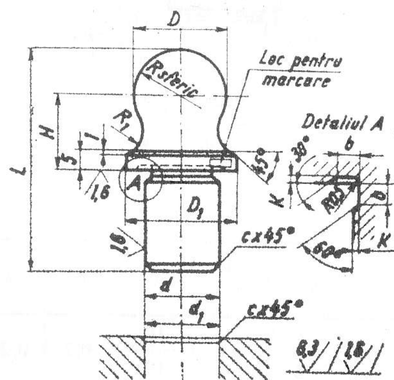


Cod	D	H (h 6)	d (n 6)	L	C	K	R	d_1 (H 6)	b
7034—0021	6	4	4	10	0,7	0,25	4	4	0,8
—0022		6		12					
—0023	8	4	6	12	1	0,25	6	6	0,8
—0024		8		18					
0025	12	6	8	18	1,2	0,5	12	8	1,5
0026		12		24					
0027	16	10	10	25	1,5	0,5	16	10	1,5
0028		15		30					
0029	20	12	12	30	1,8	0,5	20	12	2
0030		20		38					
0031	25	15	16	38	2	0,5	25	16	2
0032		25		48					
0033	30	20	20	50	2,5	0,5	30	20	2,5
0034		30		60					
0035	40	20	25	56	0,5	0,5	40	25	2,5
7034—0034				76					

Observații. 1. Exemplu de notare a unui cep de sprijin cu cap bombat diametrul $d = 12$ mm și înălțimea $H = 6$ mm: Cep de sprijin 12×6 — 7034 — 0025; 2. Material: OLC15 STAS 880-66. 3. Tratament termic cementat pe adîncimea de 08—1 mm călit revenit la HRC 54—58. 4. Se va marca codul cepului și materialul (vezi și STAS 8767-70).

Tabelul 18.4

Dimensiunile cepurilor de sprijin cu cap sferic, mm



Cod	D (h 12)	D_1	H	d_2	L	R_1	C	K	b	d_1 (H 6)
7034–0041	16	19	13	12	42	3	1,8	0,5	2	12
–0042	20	24	16	16	50	4	2	0,5	2	10
7034–0043	25	30	20	20	60	6	2,5	0,5	2,5	20

Observații. 1. Exemplu de notare a unui cep de sprijin cu cap sferic avînd $D = 16$ mm: Cep de sprijin 16–7034–0041. 2. Material OLC15 STAS 880-66. 3. Tratament termic: cementat pe adîncime de 0,8–1 mm călit și revenit la $HRC = 54-58$. 4. Se va marca codul cepului și materialul (vezi și STAS 8885-71).

Cepurile cu cap plat au avantajul că, în anumite condiții, pot fi rectificate după montarea lor în dispozitiv, în care caz erorile la construcția dispozitivului pot fi corectate. Înălțimea H a suprafeței active a cepurilor se tolerează în sistem arbore unitar, precizia 5 sau 6 ($h_5 - h_6$). În cazul în care suprafețele active ale cepurilor nu se rectifică după

montarea lor în dispozitiv, înclinarea bazei de orientare, pe direcția a două cepuri (α') așezate la distanța L are valoarea maximă:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{T_H}{L} \tag{18.12}$$

în care T_H reprezintă cîmpul de toleranță al dimensiunii H a cepului.

La aplicarea excentrică a forței de stringere are loc o deformare neuniformă a obiectului de lucru ca urmare a inegalității valorice a reacțiunilor (R_1, R_2) în punctele de contact (fig. 18.9).

Unghiul de rotire al piesei α'', în acest caz, se determină cu relația

$$\operatorname{tg} \alpha'' = \frac{C(R_1^n - R_2^n)}{L} \tag{18.13}$$

sau cu relația

$$\operatorname{tg} \alpha'' = \frac{y_1 - y_2}{L} \tag{18.14}$$

în care y_1 și y_2 sînt deplasările bazei de referință ca urmare a deformațiilor de contact. Dependența experimentală a deplasărilor y datorită forțelor normale $R_{1;2}$ care lucrează asupra cepurilor este indicată în tabelul 18.5.

Pentru reducerea deformațiilor de contact între cep și placa de bază a dispozitivului, suprafețele în contact sînt rectificate. Pentru micșorarea suprafeței de rectificat a plăcii, în locurile de introducere a cepurilor, aceasta este prevăzută cu bosaje.

Cepurile reglabile se folosesc în cazul în care semifabricatele din două loturi prezintă abateri dimensionale mari datorate unor erori sistematice. La trecerea de la prelucrarea

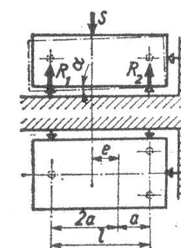


Fig. 18.9. Modificarea orientării unui obiect de lucru în cazul aplicării excentrice a forței de stringere S

unui lot de semifabricate la altul, se realizează o nouă poziție a bazei de orientare prin modificarea poziției cepurilor, posibilă prin reglarea acestora.

Cîteva forme constructive de cepuri reglabile sînt redate în fig. 18.8. *b*, iar dimensiunile normalizate și condițiile tehnice impuse acestora în tabelele 18.6 și 18.7.

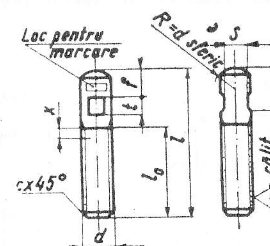
Tabelul 18.5

Deformațiile de contact (deplasările y) în funcție de forțele normale

Schița așezării	Tipul elementului de sprijin	Deformația de contact
	Cep cu cap bombat (R, mm; S, daN; y, μm)	Pentru oțel: $y = \left(0{,}67 - 0{,}003\ HB + \frac{6{,}23}{R}\right) S^{0,8}$ Pentru fontă: $y = \left(2{,}7 - 0{,}008\ HB + \frac{9{,}23}{R}\right) S^{0,6}$
	Cep cu cap striat (D, mm; S, daN; y, μm)	Pentru oțel: $y = (0{,}38 - 0{,}004\ HB + 0{,}0034\ D)\ S^{0,6}$ Pentru fontă: $y = (1{,}76 - 0{,}0008\ HB - 0{,}03\ D)\ S^{0,6}$
	Cepuri sau plăci de sprijin plate A — suprafața de contact, cm²; R_z — rugozitatea, μm; q — presiunea de contact, $\frac{daN}{cm^2}$; HB — duritatea, unități Brinell y — deplasarea, μm;	Pentru oțel: $y = (0{,}4 + 0{,}012\ A + 0{,}004\ R_z - 0{,}0016\ HB) q^{0,7}$ Pentru fontă $y = (0{,}776 + 0{,}053\ A + 0{,}016\ R_z - 0{,}0045\ HB) q^{0,6}$

Tabelul 18.6

Dimensiunile cepurilor de sprijin reglabile, mm

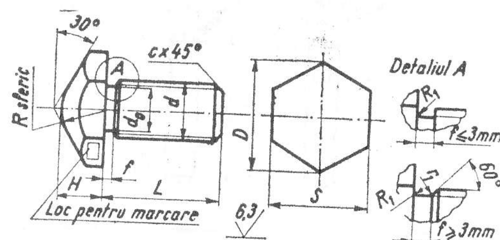


Cod	d	l	l_0	t	c	R	f	S ($h12$)
7035—0001		30	20	5			3	
0002		40	25	6	1,5	10	4	8
0003	M10	50	35					
0004		35	20					
0005		45	25	8	1,8	12	5	9
0006	M12	60	40					
0007		50	30					
0008		60	35	10	2	16	5	14
0009	M16	80	50					
0010		60	40				6	
0011		70	45					
0012		80	55	12	25	20	8	17
0013		100	60					
0014	M20	120						
0015		80	55				8	
0016		100	70					
0017	M24	120		14	3	24	10	19
0018		140	90					
7035—0019		180						

Observații. 1. Exemplu de notare a unui cep de sprijin reglabil avînd diametrul d = M10 și lungimea l = 50 mm: Cep de sprijin reglabil M × 50—7035—0003. 2. Material: OLC45 STAS 880-66. 3. Tratamente termice: pe lungimea indicată în desen HRC 35—40 iar restul îmbunătățit la 75—85 daN/mm². 4. Filete conform STAS 510-61. 5. Ieșirea filtrului x conform STAS 3508-65. 6. Abaterea limită la filete: clasa de precizie mijlocie. 7. Muchiile ascuțite se vor teși. 8. Se va marca: codul cepului și materialul (vezi și STAS 8883-71).

Tabelul 18.7

Dimensiunile cepurilor de sprijin reglabile cu cap hexagonal, mm



d	M8	M10	M12	M16	M20	M24
R	5	7	9	12	15	18
C	1,2	1,5	1,8	2	2,5	3
H	8	10	12	16	20	24
D	16,2	19,6	25,4	31,2	36,9	41,6
$S(h12)$	14	17	22	27	32	36
d_0	6,2	7,8	9,5	13	16,4	19,5
f	2	3	4	4	5	6
R_1	0,5	1	1	1	1,6	1,6
r_1	—	0,5	0,5	0,5	0,5	1
L	25...120					

Observații. 1. Exemplu de notare a unui cep de sprijin reglabil cu cap hexagonal avînd d = M12 și lungimea $l = 60$ mm: cep de sprijin M12×60. 2. Material: OLC45, STAS 880-66. 3. Tratament termic: capul $HRC = 35-40$, restul îmbunătățit 75—85 daN/mm². 4. Filetul conform STAS 510-61. 5. Abateri limită la filete: clasa de precizie mijlocie. 6. Muchiile ascuțite se vor teși. 7. Se va marca: codul cepului și materialul.

Cepurile autoreglabile (fig. 18.10) se construiesc în scopul înlocuirii unui punct teoretic de contact cu semifabricatul prin două sau mai multe suprafețe de contact reale. Ele se folosesc pentru asigurarea stabilității așezării obiectelor de lucru (fig. 18.10, *a*) sau pentru rezemarea după suprafețe plane decalate (fig. 18.10,*b*).

Cepurile autoreglabile introduc abateri de orientare suplimentare, întrucît poziția punctului teoretic, reprezentat de cele două suprafețe de contact, poate varia în funcție de variația înălțimii brațelor pîrghiei acestor elemente, ca urmare a abaterilor de execuție a acestora. Notînd cu ΔH_1 și ΔH_2 diferența înălțimilor celor două suprafețe reale de contact ale pîrghiilor cu semifabricatul, față de suprafața stabilită pentru punctul teoretic de contact (pe care acestea îl reprezintă), abaterea suplimentară de orientare, în planul pîrghiei are valoarea:

$$\Delta H = \frac{1}{2}(\Delta H_1 + \Delta H_2)$$

Pentru cepul reglabil din fig. 18.10, *b*, abaterea suplimentară depinde și de toleranța T_c la cota C. Abaterea suplimentară în acest caz are valoarea:

$$\Delta H' = \sqrt{\Delta H^2 + \left(\frac{T_c}{2}\right)^2}$$

Plăcile de sprijin (fig. 18.11) (plăcuțele) sînt elemente de orientare, de construcție paralelipipedică, avînd suprafața (fig. 18.11) activă, plană (STAS 8769-70) sau bombată

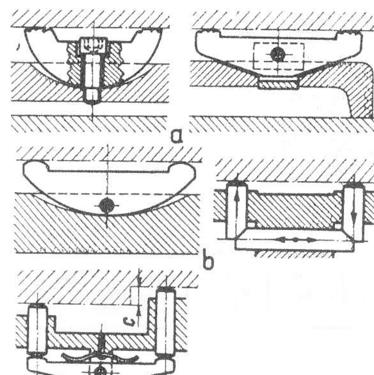


Fig. 18.10. Cepuri de sprijin autoreglabile

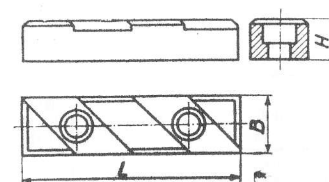


Fig. 18.11. Placă de sprijin

Elementul dimensional caracteristic al plăcilor de sprijin este înălțimea acestora H, tolerată ca și în cazul cepurilor. Pentru realizarea unui contact minim cu piesa se recomandă ca suprafața activă a plăcuțelor, determinată de dimensiunile L și B, să fie cît mai mică. Pentru evitarea modificării orientării, ca urmare a îngrămădirii așchiilor în locurile de îmbinare a plăcilor cu corpul dispozitivului, suprafața activă a plăcilor se construiește discontinuă. Muchiile pragurilor create servesc și la așchierea bavurilor semifabricatului cînd acesta este deplasat pe placă. Dimensiunile normalizate și condițiile tehnice impuse plăcilor de sprijin cu suprafața canelată sînt redate în tabelul 18.8.

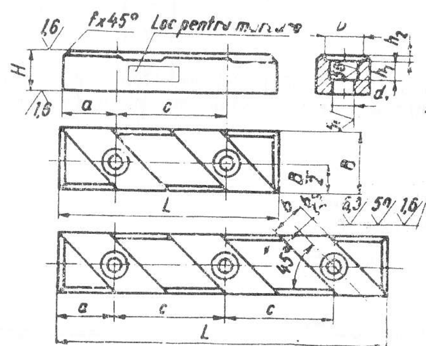
Schemele de instalare pentru orientarea produselor cu plan de simetrie și cu ax de simetrie sînt redate în fig. 18.12 respectiv 18.13. Alegerea orientării cu plan de simetrie este cerută de condiția impusă semifabricatului ca suprafețele prelucrate să rezulte în planul de simetrie al piesei indiferent de abaterile T_L la lungimea piesei L (fig. 18.12, *b*). Abaterea de bazare pentru orientarea semifabricatului cu plan de simetrie se datorește abaterilor unghiulare ale piesei și are valori mici, pe cînd în cazul orientării aceleiași piese fără simetrie, abaterea de bazare se datorește atît abaterilor unghiulare cît și a celor liniare. Abaterile de bazare datorate abaterilor dimensiunilor liniare ale semifabricatului ε_b au valoarea

$$\varepsilon_b = \frac{T_L}{2}$$

în care T_L este toleranța la dimensiunea L.

Tabelul 18.8

Dimensiunile plăcilor de sprijin cu suprafaţa canelată, mm



Cod	L	B	H h6	f	h_1	D	d_1	b	h_2	a	c	Nr. găuri	Şurub d×L
7033—0121	80	20	13	1	6	13	9	14	1,5	22	36	2	M8×18
0122	120										38	3	
0123	100	25	16						2	25	50	2	
0124	150											3	
0125	120	30	20	1,5	7	16	11	18	2,5	30	60	2	M10×22
0126	180											3	
0127	150	35	25	1,5	8	19	13	22	3	40		2	M12×25
7033—0128	220											3	

Observaţii. 1. Exemplu de notare a unei plăci de sprijin cu suprafaţa canelată avînd dimensiunile: B = 25 mm L = 100 mm şi H = 16 mm: placa 16×100 = 7033—0,123. 2. Material OLC 15, STAS 880-66. 3. Tratament termic cementat la o adîncime de 0,8—1 mm. 4. Muchiile ascuţite se vor teşi. 5. Se va marca codul plăcii şi materialul.

Abaterea poziţiei suprafeţelor prelucrate în cazul orientării cu plan de simetrie este o eroare de orientare ε_0, datorită impreciziei mecanismului de orientare care realizează sincronismul deplasării celor două fălci, cît şi de eroarea de reglare a sculei faţă de planul de simetrie al acestui mecanism. În general, abaterea ε_0 este mult inferioară abaterii de bazare.

În majoritatea cazurilor orientarea cu simetrie a obiectelor de lucru se realizează simultan cu fixarea acestora de către aceleaşi mecanisme. Mecanismul de orientare cu

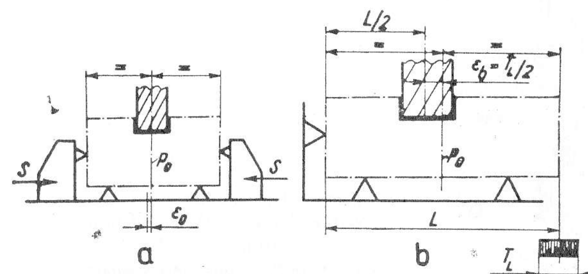


Fig. 18.12. Schema de instalare:

a — pentru orientarea cu plan de simetrie; *b* — pentru orientarea fără simetrie; *1* — fălcile cu deplasare sincronizată ale mecanismului de prindere a obiectului de lucru; p_0 — planul de simetrie impus obiectului de lucru

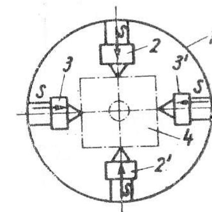


Fig. 18.13. Schemă de instalare pentru orientarea cu axă de simetrie (centrare):

1 —corpul dispozitivului; *2*, *2'* şi *3*, *3'* — perechi de fălci cu deplasare radială sincronizată; *4* — obiect de lucru

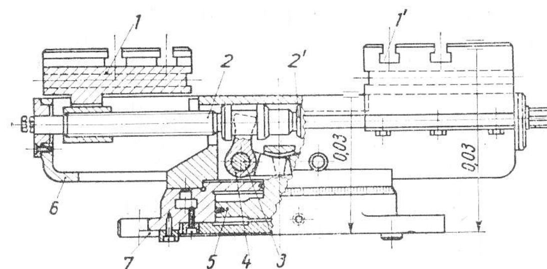


Fig. 18.14. Menghină autocentrantă cu acţionare hidraulică:

1, *1'* — bacuri cu mişcare sincronizată; *2*, *2'* — tije filetate pentru transmiterea forţelor de acţionare; *3* — bolţ; *4* — pîrghie; *5* — pistonul motorului hidraulic liniar; *6* — corpul superior al dispozitivului cu posibilităţi de rotire; *7* — corpul inferior fix al dispozitivului

plan de simetrie şi de fixare a piesei, care materializează schema de instalare din fig. 18.12, *a*, este redat în fig. 18.14 şi este reprezentat de o menghină autocentrată acţionată hidraulic.

Schema de instalare a produselor pe suprafețele lor plane, cu orientare după o axă de simetrie, este redată în fig. 18.13, iar dispozitivul care realizează o astfel de schemă este mandrina universală cu 4 fălci din fig. 18.15.

Pentru ca precizia orientării să nu fie influențată de variația dimensiunilor secțiunii transversale a obiectului de lucru, acționarea a două fălci opuse este rigidă, iat perechile

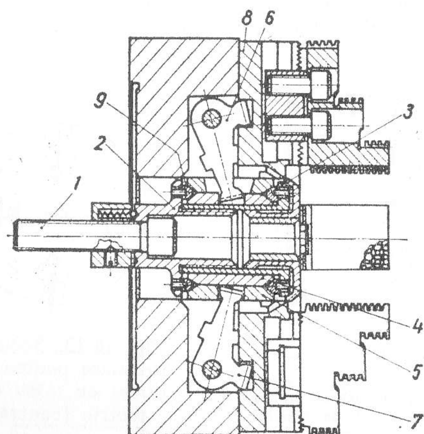


Fig. 18.15. Mandrină cu patru fălci (secțiune radială în unghi drept):

1 — tijă; *2, 3* — piese intermediare îmbinate prin filet; *4, 5* — bucșe concentrice deplasabile relativ în direcție axială; *6, 7* — pîrghii dispuse la 90°; *8* — bac; *9* — segmenți cu secțiunea în formă de pană dublă înclinare

de fălci sînt acționate prin intermediul unor elemente (*3, 4* și *5*), care permit deplasarea relativă a perechilor de fălci.

18.3.2.3. ELEMENTE ȘI MECANISME DE ORIENTARE A OBIECTELOR DE LUCRU DUPĂ SUPRAFEȚELE LOR CILINDRICE. În funcție de forma obiectelor de lucru, orientarea după suprafețele lor cilindrice poate fi: orientare completă pe suprafețe cilindrice, cînd atît așezarea cît și rezemarea se execută pe suprafețe cilindrice

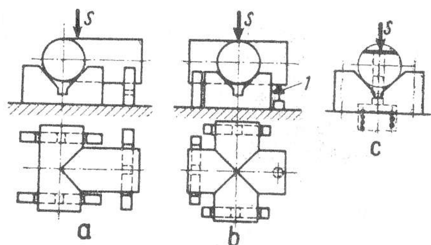


Fig. 18.16. Schema de instalare:

a — cu orientare completă după suprafețele cilindrice ale obiectului de lucru; *b* — așezarea și rezemarea pe trei prisme; *c* — așezarea pe prismă și rezemarea pe bolț; *1* — element suplimentar de sprijin

(fig. 18.16) și orientare parțială pe suprafețe cilindrice, cînd numai orientarea parțială de așezare este executată pe suprafațe cilindrice, rezemarea executînduse pe alte tipuri de suprafețe (plane, sferice sau complexe).

În vederea orientării lor, obiectele de lucru cilindrice pot fi așezate pe suprafețe cilindrice exterioare sau pe suprafețe cilindrice interioare. Tipul elementelor de orientare depinde de tipul suprafeței cilindrice. În majoritatea cazurilor, așezarea pe suprafețe cilindrice realizează o orientare cu plan sau axă de simetrie și mai rar cu centru de simetrie sau fără simetrie. De asemenea, orientarea realizată este în general incompletă, mișcarea de rotație în jurul axei suprafeței cilindrice fiind preluată de forțele de frecare care apar sub acțiunea forțelor de strîngere.

Elemente și mecanisme de orientare a obiectelor de lucru după suprafețele lor cilindrice exterioare. Acestea sînt: prismele de sprijin, bucșele de sprijin și mandrinele.

Prismele de sprijin (fig. 18.17) asigură așezarea pieselor pe suprafețele lor cilindrice exterioare, realizînd o orientare cu plan de simetrie. Planul de simetrie este reprezentat de planul bisector al suprafețelor active ale prismelor, care fac un unghi α între ele. Prin așezarea obiectului de lucru pe prismă, axa acesteia va ocupa o poziție determinată de cota H, în funcție de diametrul D al piesei. Elementul obiectului de lucru care caracterizează suprafața cilindrică este axa geometrică a acestuia, care va ocupa o anumită poziție în planul de simetrie al prismei, în funcție de variația dimensiunii D a piesei și de variația elementelor caracteristice ale prismei (h, C, α). În practică, pentru prismele de sprijin, unghiul de deschidere al acestora α are valori de 30°, 60°, 90° și 120°. Dimensiunile primelor sînt indicate în tabelul 18.9 și în STAS 8881-71.

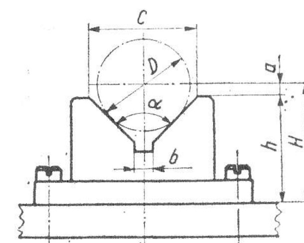


Fig. 18.17. Prismă de sprijin

Pentru cota a se recomandă: $a = (0{,}14-0{,}16)\ D$.

În funcție de diametrul piesei și de elementele caracteristice ale prismei de sprijin, cota H poate fi determinată din relația:

$$H = h + 0{,}5\left(\frac{D}{\sin\dfrac{\alpha}{2}} - \frac{C}{\operatorname{tg}\dfrac{\alpha}{2}}\right) \tag{18.15}$$

Pentru un unghi $\alpha = \dfrac{\pi}{2}$ relația (18.15) devine: $H = h + 0{,}707\ D - 0{,}5\ C$, iar

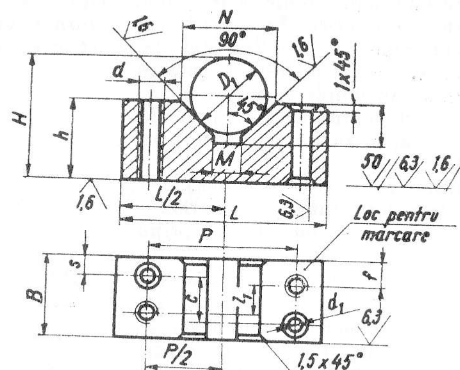
pentru $\alpha = \dfrac{2\pi}{3}$ rezultă: $H = h + 0{,}578\ D - 0{,}289\ C$.

Deplasarea pe verticală a axei semifabricatului ΔH ca urmare a variației dimensiunilor $h(\Delta h)$ și $\alpha(\Delta\alpha)$ se află din diferențiala funcției H, de două variabile independente h și α, exprimate prin relația:

$$\varepsilon_H = \Delta h + 0{,}5\left(\frac{C - D\cos\dfrac{\alpha}{2}}{2\sin^2\dfrac{\alpha}{2}}\right)\Delta\alpha \tag{18.16}$$

Tabelul 18.9

Dimensiunile prismelor de sprijin cu găuri de fixare filetate, mm



Codul	Diametrul piesei D	D_1 pentru măsurat H	L	B	h	H Nominală	H Abateri limită	K	N ≈	M	P	f	l_1	S	C	d	d_1 H_6
7033–0011	De la 15– 20	20	45	22	16	31		9	18,2	6	30	7	8	5	12	M_6	5
0012	20– 25	25	55	22	22	40		12	24,3	8	40	7	8	5	12	M_6	5
0013	25– 30	30	70	28	25	45		14	32,4	12	50	10	8	6	16	M_6	6
0014	30– 45	45	85	28	30	63	±0,01	18	42,6	16	65	10	8	6	16	M_8	6
0015	45– 60	60	100	35	35	80		22	54,8	20	75	12	11	7	21	M_{10}	8
0016	60– 80	80	120	35	40	104		25	65,1	30	90	12	11	7	21	M_{10}	8
7033–0017	80–100	100	140	40	45	123		30	85,4	40	110	14	12	8	24	M_{12}	10

Observații. 1. Exemplu de notare a unei prisme de sprijin, avînd găuri de fixare filetate, pentru diametrul D de la 25 la 30 mm. Prisma 25–30–7033–0013. 2. Material: OLC 15 STAS 880-66. 3. Tratament termic: cementat pe o adîncime de 0,8–1 mm, călit și revenit la HRC 56–60; se va cementa și căli pe fețele de reazem ale prismei. 4. Găurile cu diametrul d_1 se vor găuri împreună cu contrapiesa. 5. Muchiile ascuțite se vor teși. 6. Se va marca codul prismei și materialul.

Deplasarea pe verticală a semifabricatului, în acest caz, datorîndu-se în exclusivitate abaterilor dimensionale ale prismei, reprezintă tocmai eroarea de orientare. Ea poate fi corectată dacă reglarea dimensiunii sculei se face de la un calibru cilindric, așezat pe prismă, ale cărui dimensiuni sînt cunoscute. Diferența dintre dimensiunea calibrului

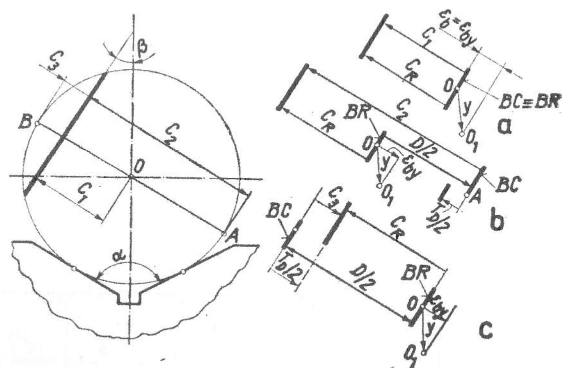


Fig. 18.18. Scheme pentru determinarea erorilor de bazare la așezarea pe prisme:

a — baza de cotare *BC* coincide cu baza de reglare *BR*; *b* și *c* — baza de cotare nu coincide cu baza de reglare; *y* — deplsarea axei semifabricatului în planul de simetrie

și cea a piesei de executat, ca o abatere sistematică, poate fi compensată prin corijarea cotei de reglare.

Datorită variației dimensiunii D a semifabricatului, acesta se deplasează pe verticală, pentru a păstra contactul cu suprafețele active ale prismei, cu o distanță y corespunzătoare segmentului OO_1 (fig. 18.18), exprimată prin relația:

$$y = \frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \qquad (18.17)$$

Deplasarea y reprezintă o componentă a abaterii de bazare în cazul așezării pe prisme și se datorește faptului că bazele de referință care coincid nu sînt de aceeași natură. Baza de referință de orientare a prismei este un plan, iar baza de referință de orientare a obiectului de lucru este o dreaptă, reprezentată de axa de simetrie a acestuia, care poate ocupa în planul de simetrie al prismei o poziție oarecare, față de poziția corespunzătoare unui semifabricat a cărui dimensiune D nu variază. A doua componentă a abaterii de bazare apare în cazul în care baza de cotare (proiectare) nu coincide cu baza de orientare (axa semifabricatului)

În fig. 18.18 sînt reprezentate diferite sisteme de cotare a poziției suprafeței de prelucrare. Abaterea de bazare la cota C_1 se poate deduce pe baza schemei din fig. 18.18, *a*, ca proiecție a erorii y pe direcția cotei C_1, reprezentată prin relația:

$$\varepsilon_{b(C_1)} = -\frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right) = -\frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \sin \beta \qquad (18.18)$$

Semnul minus indică faptul că la o creștere a dimensiunii D față de dimensiunea nominală, cota C_1 scade. Abaterile de bazare la cotele C_2 și C_3 depind și de toleranța la dimensiunea D, datorită necoincidierii bazelor și în conformitate cu schemele din fig. 18.18, *b* și *c* se pot deduce valorile lor, exprimate prin relațiile:

$$\varepsilon_{b(C_2)} = \frac{T_D}{2}\left(1 - \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}}\right); \qquad (18.19)$$

$$\varepsilon_{b(C_3)} = \frac{T_D}{2}\left(1 + \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}}\right). \qquad (18.20)$$

Pentru poziția suprafeței de prelucrare, determinată de un unghi $\beta = 0$ (fig. 18.19, *a*), din relațiile (18.18), (18.19) și (18.20) rezultă:

$$\varepsilon_{b(C_1)} = 0; \quad \varepsilon_{b(C_2)} = \frac{T_D}{2};$$

$$\varepsilon_{b(C_3)} = \frac{T_D}{2} \text{ pentru } \beta = 0;$$

$$\varepsilon_{b(C_1)} = -\frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}};$$

$$\varepsilon_{b(C_3)} = \frac{T_D}{2}\left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}\right) \text{ pentru } \beta = \frac{\pi}{2};$$

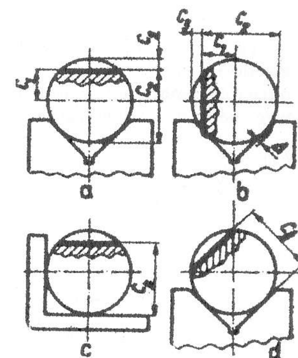


Fig. 18.19. Scheme pentru determinarea erorilor de bazare la așezarea pe prisme:

a) $\beta = \frac{\pi}{2}$; $\alpha = \frac{\pi}{2}$; *b*) $\beta = 0$; $\alpha = \frac{\pi}{2}$; *c*) $\beta = \frac{\pi}{2}$; $\alpha = \pi$; *d*) $\beta = \frac{\alpha}{2}$

$$\varepsilon_{b(C_1)} = -\frac{T_D}{2}; \quad \varepsilon_{b(C_2)} = 0; \quad \varepsilon_{b(C_3)} = T_d \text{ pentru } \beta = \frac{\alpha}{2}$$

Se observă că în cazul poziționării suprafeței de prelucrare prin cota C_3, abaterea de bazare la această cotă este reprezentată printr-o diferență a abaterilor componente

de bazare și în cazul egalității acestora, eroarea de bazare poate fi nulă. Pentru ca $\varepsilon_{b(C_2)} = 0$, rezultă condiția: $\beta = \frac{\alpha}{2}$. Deci, în condițiile în care, suprafața activă a prismei se ia paralelă cu suprafața de prelucrare și cotarea se realizează de la generatoarea de contact a obiectului de lucru cu această suprafață activă, abaterea de bazare este nulă. Pentru prelucrarea unei suprafețe plane orizontale avînd $\beta = 0$, rezultă conform egalității anterioare $\alpha = 0$, în care caz, prisma degenerează într-un plan de așezare și erorile de bazare la cota C_2 sînt nule, datorită coinciderii bazelor. Acest caz, reprezentat în fig. 18.19, *c* nu mai asigură în schimb orientarea cu plan de simetrie, ci o orientare fără simetrie.

Abaterile de bazare la așezarea semifabricatelor pe prisme sînt indicate în tabelul 18.10.

Uzura prismelor pe suprafețele lor active creează o scobitură prelungită (fig. 18.19, *b*), care provoacă o deplasare a axei semifabricatului în jos cu o mărime $y' = \frac{\Delta l}{\sin\frac{\alpha}{2}}$, în care Δl este adîncimea scobiturii.

În cazul în care semifabricatul prezintă o conicitate de valoare *C*, așa cum se arată în fig. 18.20, apare o înclinare a axei semifabricatului β, a cărei valoare se poate determina cu formula aproximativă:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{C}{2\sin\frac{\alpha}{2}}.$$

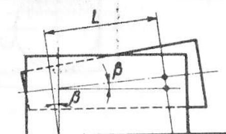


Fig. 18.20. Erori de bazare datorită conicității obiectului de lucru

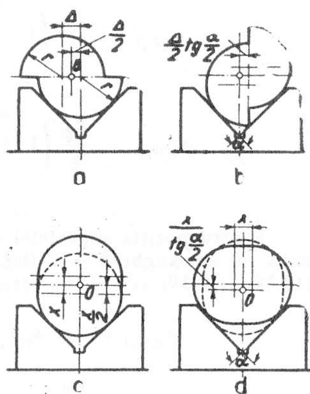


Fig. 18.21. Erori de bazare datorită erorilor de formă ale obiectelor de lucru obținute prin matrițare:

a și *b* — datorate deplasării relative a matrițelor; *c* și *d* — datorate matrițării incomplete

Semifabricatele cilindrice obținute prin matrițare au erori de formă, în urma deplasării matrițelor. Dacă urma planului de separație al matrițelor va fi orizontală (fig. 18.21, *a*), atunci axa acestuia se va deplasa cu $\frac{\Delta}{2}$, în care Δ reprezintă deplasarea axelor matrițelor. La poziția verticală a acestui plan axa semifabricatelor, menținînd poziția anterioară în înălțime, se deplasează lateral cu mărimea $\frac{\Delta}{2}\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$ (fig. 18.21, *b*). Dacă mări-

Tabelul 18.10

Abaterile de bazare la așezarea pe prisme

Schema de instalare	Cota	Abaterea de bazare	Observații
	H_1	$\varepsilon_{b(H_1)} = \frac{T_D}{2}\left(\frac{\sin\beta}{\sin\frac{\alpha}{2}} - 1\right)$	Pentru $\beta = \frac{\alpha}{2} \ldots \frac{\pi}{2}$
	H_2	$\varepsilon_{b(H_1)} = \frac{T_D}{2}\left(1 - \frac{\sin\beta}{\sin\frac{\alpha}{2}}\right)$	Pentru $\beta = 0 \ldots \frac{\alpha}{2}$
		$\varepsilon_{b(H_2)} = \frac{T_D}{2}\left(\frac{\sin\beta}{\sin\frac{\alpha}{2}} + 1\right)$	T_D este toleranța la diametrul suprafeței cilindrice *D*
	H_3	$\varepsilon_{b(H_3)} = \frac{T_D}{2}\,\frac{\sin\beta}{\sin\frac{\alpha}{2}}$	
	H_1	$\varepsilon_{b(H_1)} = \frac{T_D}{2}\,\frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}}$	
	H_2	$\varepsilon_{b(H_2)} = \frac{T_D}{2}\left(\frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}} - 1\right)$	
	H_3	$\varepsilon_{b(H_3)} = \frac{T_D}{2}\left(1 + \frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}}\right)$	
	H_4	$\varepsilon_{b(H_4)} = 0$	Suprafață în trepte prelucrată cu o garnitură de freze

Tabelul 18.10 (continuare

Schema de instalare	Cota	Abaterea de bazare	Observații
	H_1	$\varepsilon_{b(H_1)} = 0$	
	H_2	$\varepsilon_{b(H_2)} = \frac{T_D}{2}$	
	H_3	$\varepsilon_{b(H_3)} = \frac{T_D}{2}$	
	H_4	$\varepsilon_{b(H_4)} = 0$	
	H_1	$\varepsilon_{b(H_1)} = \frac{T_D}{2}$	
	H_2	$\varepsilon_{b(H_2)} = 0$	
	H_3	$\varepsilon_{b(H_3)} = T_D$	
	H_4	$\varepsilon_{b(H_4)} = 0$	
	H_1	$\varepsilon_{b(H_1)} = A$	$A = \sqrt{\left(r + \frac{D}{2} + \frac{T_D^2}{2}\right)^2 - \frac{L^2}{2}} - \sqrt{\left(r + \frac{D}{2}\right)^2 - \frac{L^2}{4}}$, unde r este raza cepului; L — distanța între cepuri; D — diametrul minim al obiectului de lucru
	H_2	$\varepsilon_{b(H_2)} = A - \frac{T_D}{2}$	
	H_3	$\varepsilon_{b(H_3)} = A + \frac{T_D}{2}$	
	H	$\varepsilon_{b(H)} = 0$	Suprafața *a* prelucrată după schema 2
		$\varepsilon_{b(H)} = \frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$	Suprafața *a* prelucrată după schema 3
		$\varepsilon_{b(H)} = \frac{T_D}{2}\left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1\right)$	Suprafața *a* prelucrată după schema 4

mea admisă de deplasare a matrițelor se consideră 0,4 T_D atunci la $\alpha = 90°$, deplasarea verticală și orizontală a axei semifabricatului va fi de 0,2 Td.

Matrițarea insuficientă a semifabricatelor cilindrice, care provoacă creșterea dimensiunii transversale în direcția perpendiculară față de planul matrițelor, provoacă deplasarea semifabricatului pe linia de simetrie a prismei. Pentru poziția din fig. 18.21, *c* deplasarea este egală cu jumătatea matrițării incomplete x, iar pentru poziția din fig. 18.21, *d* această valoare va fi $\frac{x}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$.

Dacă secțiunea transversală a semifabricatului are o eroare de formă elipsoidală, atunci axa acestuia ocupă o poziție diferită ca înălțime și în direcție orizontală. În fig. 18.22 sînt marcate traiectoriile de mișcare ale axei semifabricatului în cazul în care

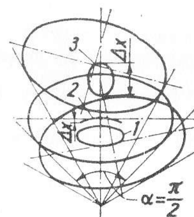


Fig. 18.22. Traiectoria mișcării axei obiectului de lucru eliptic în prisme cu unghiuri de deschidere diferite: *1)* $\alpha > \frac{\pi}{2}$; *2)* $\alpha = \frac{\pi}{2}$; *3)* $\alpha < \frac{\pi}{2}$

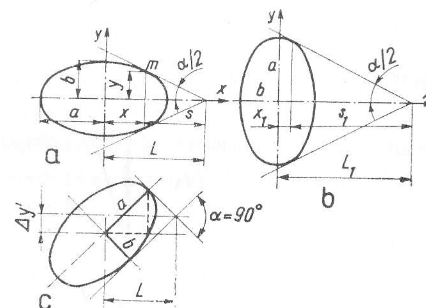


Fig. 18.23. Schemă pentru determinarea deplasării axei obiectelor de lucru eliptice așezate pe prisme avînd $\alpha \leqslant \frac{\pi}{2}$

acesta este rotit în prismă. Valoarea maximă a deplasării pe verticală se obține pentru $\alpha < \frac{\pi}{2}$, iar pentru $\alpha = \frac{\pi}{2}$ valoarea este minimă, în schimb deplasările pe orizontală variază invers. Notînd prin *a* și *b* semiaxele elipsei, se pot determina analitic distanțele L și L_1 de la axa semifabricatului pînă la vîrful unghiului prismei, pentru pozițiile extreme din fig. 18.23, *a* și *b*.

Deplasarea axei semifabricatului în direcţia axei x se produce în limitele: $\Delta x = L - L_1$ în care: $L = x + S$ avînd valorile determinate cu relaţiile

$$x = \sqrt{\frac{a^4 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}{b^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}} \tag{18.21}$$

şi

$$S = \frac{b}{\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} \sqrt{1 - \frac{a^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}{b^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}} \tag{18.22}$$

ar lungimea L_1 are expresia: $L_1 = x_1 + S_1$ în care:

$$x_1 = \sqrt{\frac{b^4 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}{a^2 + b^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}} \tag{18.23}$$

şi

$$S_1 = \frac{a}{\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} \sqrt{1 - \frac{b^4 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}{a^2 + b^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}}. \tag{18.24}$$

Analiza dependenţelor obţinute arată că pentru $\alpha = \frac{\pi}{2}$ $L = L_1$. Prin urmare în acest caz, axa semifabricatului ocupă una şi aceiaşi poziţie. Din fig. 18.23, *c* se poate determina deplasarea maximă a axei semifabricatului în direcţia axei y:

$$\Delta y' = \frac{\sqrt{2}}{2}(a - b).$$

Deplasarea totală (în ambele sensuri) are valoarea:

$$\Delta y = 2\,\Delta y' = \sqrt{2}\,(a - b).$$

Analog se află distanţa L' cu relaţia: $L' = \frac{\sqrt{2}}{2}(a + b)$.

Deplasarea axei semifabricatului în direcţia axei x, pentru $\alpha = 90°$ se produce în limitele: $\Delta x = L - L'$. Pentru cazul cînd $\alpha < \frac{\pi}{2}$ (fig. 18.24, *b*), $\Delta y = 2\left(T \sin\frac{\alpha}{2} - \frac{b}{\cos\frac{\alpha}{2}}\right)$ în care

$$T = x + S + \frac{b}{\operatorname{tg}\alpha} + b \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}.$$

Mărimile x şi S se calculează din relaţia (18.21), respectiv (18.22). Pentru $\alpha > \frac{\pi}{2}$ valoarea Δy se află din relaţia:

$$\Delta y = 2\left[x + S - b \operatorname{tg}\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) - b \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2}\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2}\right)\right].$$

La fixarea semifabricatelor pe prisme au loc deformaţii de contact care provoacă deplasarea axei semifabricatului. Pe baza cercetărilor experimentale [2], mărimea deplasărilor semifabricatului în µm, în planul de simetrie al prismei cu un unghi $\alpha = \frac{\pi}{2}$, se poate determina cu formula:

$$y = \left(0{,}086 + \frac{15}{HB} + 0{,}005\,R_z + \frac{8{,}4}{D}\right) q\ 0{,}7$$

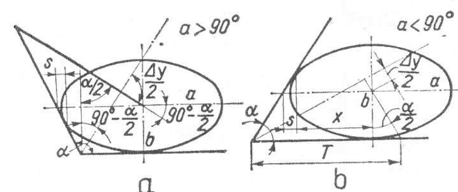


Fig. 18.24. Schemă pentru determinarea deplasării axei obiectelor de lucru eliptice aşezate pe prisme

în care: D este diametrul semifabricatului, mm; q — efortul de strîngere pe unitatea de lungime a generatoarei de contact, daN/mm; R_z — rugozitatea suprafeţei semifabricatului, µm; HB — duritatea Brinell a materialului semifabricatului.

Dependenţa poate fi folosită pentru determinarea erorilor de fixare.

Bucșele de sprijin (fig. 18.25), se utilizează pentru așezarea semifabricatelor pe suprafețele lor cilindrice exterioare, în cazul în care diametrul suprafeței de bază a semifabricatului este executat într-o precizie de cel puțin 5–6. Jocul radial determină posibilitatea deplasării axei semifabricatului față de poziția inițială. Deplasarea radială maximă este

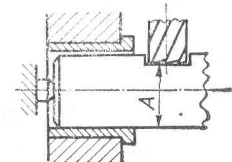


Fig. 18.25. Așezarea piesei de prelucrat în bucșă de sprijin

$$y_{max} = \frac{T_{Ds}}{2} + \frac{T_{DB}}{2} + J_{r\,min}\,[\mu m]$$

unde T_{Ds}, T_{DB} sînt toleranțele la diametru ale semifabricatului, respectiv ale bucșei de sprijin, µm, iar $J_{r\,min}$ este jocul radial minim garantat pentru introducerea semifabricatului în bucșe.
Deplasarea radială minimă este: $y_{min} = J_{r\,min}$.

Abaterea de bazare la executarea dimensiunii A (fig. 18.25) este: $\varepsilon_{b(A)} = \frac{T_{Ds}}{2}$, în cazul presării semifabricatelor într-o singură direcție. Abaterile de orientare sînt determinate de jocul $J_{r\,min}$ și eroarea de execuție a bucșei T_{DB} și se exprimă prin relația $\varepsilon_0 = T_{Ds} + 2\,J_{r\,min}$ în cazul în care deplasarea este posibilă în diferite direcții. Această deplasare poate fi atenuată, devenind practic neglijabilă, atunci cînd introducerea semifabricatului în bucșe se realizează cu un ajustaj cu strîngere. În acest caz, bucșa realizează o orientare cu axă de simetrie, iar bazele de orientare aparținînd semifabricatului și bucșei coincid.

Mandrinele, sînt mecanisme pentru orientarea semifabricatului cu așezare pe suprafața cilindrică exterioară a acestora. În anumite cazuri ele pot realiza și așezarea semifabricatelor pe suprafețe exterioare și interioare de alte forme. În scopul orientării semifabricatelor, suprafețele active ale mandrinelor vin în contact cu semifabricatul printr-o deplasare sau deformare a anumitor elemente ale acesteia, în care caz mandrinele pot fi deplasabile respectiv deformabile. Mandrinele realizează prinderea semifabricatelor, orientarea și fixarea acestora realizîndu-se prin aceeași mișcare.

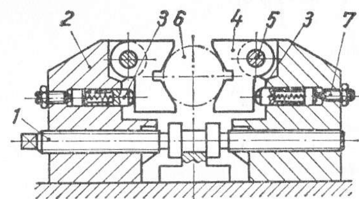
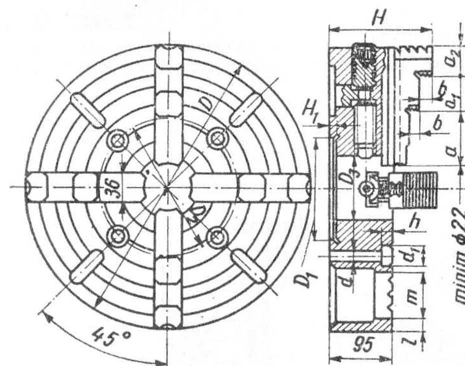


Fig. 18.26. Menghină autocentrantă cu două fălci prismatice:
1 — șurub stînga-dreapta; 2 — corpul dispozitivului; 3 — plunjer de presiune; 4 — falcă prismatică; 5 — bolț; 6 — obiect de lucru

a. Mandrine cu elemente deplasabile. Elementele deplasabile ale acestor mandrine pot fi acționate individual, în care caz nu realizează o mișcare sincronă și mandrina deplasabilă este fără autocentrare. În cazul în care elementele deplasabile sînt acționate simultan și au o mișcare radială sincronă, mandrinele sînt cu autocentrare, realizînd o orientare cu axă de simetrie.

În funcție de numărul elementelor deplasabile ale mandrinei, aceasta poate fi cu 2, cu 3, cu 4 sau cu un număr mai mare de elemente deplasabile. În cazul în care mandrina are două elemente deplasabile, aceste elemente sînt niște prisme de sprijin cu planele de simetrie confundate, asemănătoare cu cele ale menghinei din fig.18.26. Ppentru celelalte tipuri de mandrine, elementele deplasabile sînt bacurile și fălcile.

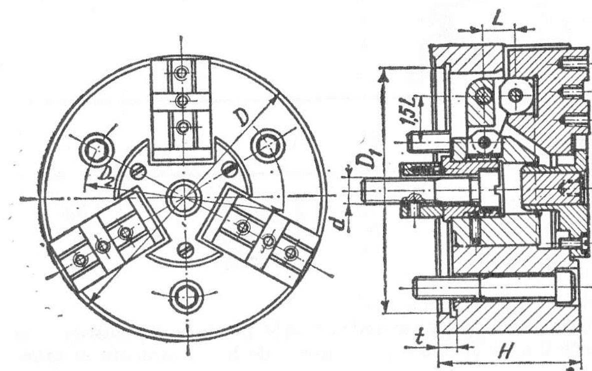
Mecanismele mandrinelor care realizează autocentrarea acestora pot fi cu pană, cu șurub stînga-dreapta, cu disc filetat plan (spiral), cu pîrghii, came etc. În tabelul 18.11 sînt indicate principalele dimensiuni ale mandrinelor fără autocentrare, iar în tabelele 18.12 și 18.13, – dimensiunile principale ale mandrinelor autocentrate cu pîrghii, respectiv cu pană.



Tabelul 18.11

Dimensiunile mandrinelor fără autocentrare, mm

D	D_1	D_2	D_3	H	H_1	d	d_1	h	m	l	b	a	a_1	a_2
300	160	130	75	135	6	13	20	13	42	15	15	34	34	27
400	200	165	90	145	8	17	25	17	60	19	18	42	42	36



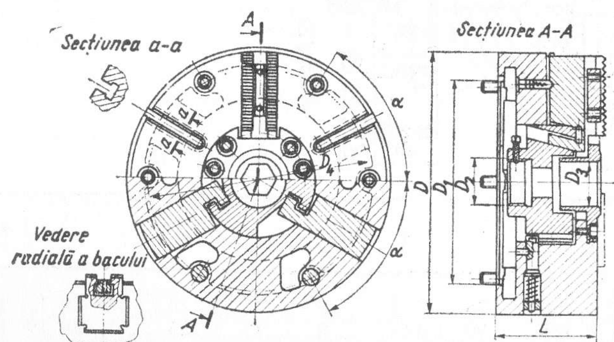
Tabelul 18.12

Dimensiunile mandrinelor autocentrante cu pîrghii, mm

D	D_1	D_2	H	d	t	Cursa maximă a fălcii
150	130	100	90	M16	10	10
200	180	140	100	M18	12	12
250	230	170	110	M22	15	14
300	280	200	120	M24	15	16
350	320	220	140	M27	15	18

Tabelul 18.13

Dimensiunile mandrinelor autocentrate cu pană, mm



D	D_1	D_2	D_3	D_4	L	α
200	140	M36	32	175	95	120°
275	195	M45	40	215	115	60°
350	270	M64	62	295	295	60°

La așezarea semifabricatelor în mandrine autocentrate este posibilă deplasarea axei semifabricatelor ca urmare a abaterilor de formă ale suprafeței de bază, indicate în tabelul 18.14.

La fixarea în mandrine a semifabricatelor nerigide de tipul inelelor, apar deformații ale acestora care provoacă abateri de formă (tabelul 18.15). Dacă se utilizează fălci late, deformațiile inelelor se reduc considerabil. În scopul micșorării deformațiilor, raza semifabricatului R_1 trebuie să fie egală cu raza suprafeței fălcilor R_2.

b. Mandrine cu elemente deformabile. Elementele deformabile ale mandrinelor realizează prinderea produselor datorită simultaneității orientării și fixării acestora, prin deplasarea suprafețelor active ale elementelor, datorită deformării acestora. La aceleași forțe de acționare, forțele de strîngere obținute la aceste mandrine sînt mai mici, deoarece o parte a lucrului mecanic se consumă pentru deformarea elementului elastic

Tabelul 18.14

Deplasările axelor semifabricatelor datorită abaterilor de formă ale suprafețelor de bază

Tipul mandrinei	Tipul abaterii de formă a obiectului de prelucrat	Schema de prindere	Deplasarea axei obiectului de prelucrat	Observații
Cu trei fălci late	Eliptică datorită matrițării incomplete		$x = 0{,}167\Delta$; $y = 0{,}288\Delta$	Δ este mărimea matrițării incomplete
Cu trei fălci înguste	Eliptică		$x = \dfrac{a(a^2 - b^2)}{3b^2 - a^2}$, $y = \dfrac{b(a^2 - b^2)}{3b^2 - a^2}$	a — axa mare a secțiunii eliptice; b — axa mică a secțiunii eliptice
Cu trei fălci late	Deplasarea semisecțiunilor de la matrițare		Mărimea maximă a deplasării pentru diferite unghiuri de rotire a obiectului de prelucrat $x = \dfrac{\Delta}{2}$	Δ — deplasarea relativă a matrițelor
Cu două fălci prismatice	Eliptic		Idem $OO_1 = \dfrac{\Delta}{2}$	Δ — mărimea matrițării incomplete

Tabelul 18.15

Valorile concavităţilor şi convexităţilor maxime şi abaterile de formă respective la utilizarea unor mandrine cu fălci obişnuite (înguste)

Condiţiile de fixare	Concavitatea maximă (δ_{1-1}), convexitatea maximă (δ_{2-2}) şi abaterile de formă ($\Delta \varnothing$) ale obiectului de prelucrat cm	Schema de prindere $n = 3$	Schema de prindere $n = 4$	Schema de prindere $n = 6$
S = const	δ_{1-1}	0,016 C	0,006 C	0,0017 C
	δ_{2-2}	−0,014 C	−0,005 C	−0,0016 C
	$\Delta \varnothing = 2(\lvert\delta_{1-1}\rvert + \lvert\delta_{2-2}\rvert)$	0,06 C	0,023 C	0,006 C
M_{fr} = const	δ_{1-1}	0,011 C	0,003 C	0,0006 C
	δ_{2-2}	−0,0009 C	−0,0003 C	−0,0005 C
	$\Delta \varnothing = 2(\lvert\delta_{1-1}\rvert + \lvert\delta_{2-2}\rvert)$	0,04 C	0,011 C	0,0022 C

Observaţie. Pentru calcul se ia $C = \frac{SR^3}{EI}$ [cm], în care S este forţa de strîngere dezvoltată de o falcă a mandrinei, daN, R – raza fibrei medii a semifabricatului inelar, cm, E – modulul de elasticitate longitudinal al materialului semifabricatului, daN/cm², I – momentul de inerţie al secţiunii semifabricatului inelar faţă de fibra medie, cm⁴. Indicii 1–1, respectiv 2–2 ai deformaţiei δ reprezintă secţiunea în care este considerată deformaţia.

(fig. 18.27). Mandrinele de acest tip se clasifică în funcţie de natura elementului elastic la fel ca şi dornurile deformabile. Deosebirea între elementele elastice folosite la mandrine şi a celor folosite la dornuri constă în aceea că primele au suprafaţa activă interioară, iar celelalte exterioară.

Elemente şi mecanisme de orientare a obiectelor de lucru după suprafaţa lor cilindrică interioară. Orientarea obiectelor de lucru după suprafeţele lor cilindrice interioare poate

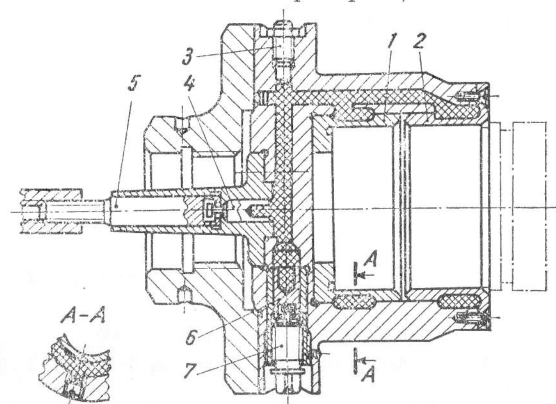


Fig. 18.27. Mandrină cu bucşă elastică cu pereţi subţiri, cu hidroplast:

1 şi *2* — bucşe elastice; *3* — şurub; *4* — piston pentru acţionare mecanizată; *5* — tijă; *6* — piston pentru acţionare manuală; *7* — şurub de acţionare

fi realizată pe una, două sau mai multe suprafeţe. În cazul în care suprafeţele interioare de orientare sînt mai multe, acestea pot avea axele paralele, în coincidere sau distincte.

Elementele şi mecanismele de orientare a semifabricatelor după suprafeţele lor cilindrice interioare, depind de numărul suprafeţelor şi de poziţia relativă a acestora şi sînt: dornurile şi bolţurile.

Dornurile rigide, sînt elemente de orientare pentru aşezarea obiectelor de lucru pe suprafeţele lor interioare, realizînd o orientare cu axă de simetrie.

Abaterile de orientare în cazul aşezării pe dornuri a semifabricatelor în cazul existenţei jocului radial minim necesar $J_{r\,min}$, pentru introducerea semifabricatului, au valoarea $\varepsilon_0 = \frac{J_{r\,min}}{2} + \frac{T'_d}{2}$, dacă deplasarea este posibilă într-o singură direcţie, şi valoarea $\varepsilon_0 = 2J_{r\,min} + T'_d$, dacă deplasarea este posibilă după mai multe direcţii, în care T'_d reprezintă toleranţa la diametrul d al suprafeţei de aşezare a dornului. Abaterea de bazare la aşezarea pe dornuri cu joc este determinată de variaţia diametrului suprafeţei interioare de bazare T_d şi are valoarea $\varepsilon_b = \frac{T_d}{2}$ sau $\varepsilon'_b = T_d$, după cum deplasarea radială a semifabricatului este posibilă într-un singur sens, respectiv în două.

Abaterile de orientare şi bazare cumulate, la care s-au mai adăugat erorile datorate aşezării excentrice a dornului faţă de axa dispozitivului sau maşinii-unealte, de mărime e, sînt prezentate în tabelul 18.16. În cazul preluării jocului radial, prin asigurarea

Tabelul 18.16

Abaterile de orientare și bazare

Schema de instalare	Cota	Abaterea de bazare și orientare
	H_1	$\varepsilon_{b(H1)} = \frac{T_D}{2} + 2e$
	H_2	$\varepsilon_{b(H2)} = \frac{T_D}{2} + 2e$
	H_3	$\varepsilon_{b(H3)} = 2e$
	H_4	$\varepsilon_{b(H4)} = 0$
	H_1	$\varepsilon_{b(H1)} = \frac{T_D}{2} + 2e + T_{D1} + T_{D2} + 2j_r$
	H_2	$\varepsilon_{b(H2)} = \frac{T_D}{2} + 2e + T_{D1} + T_{D2} + 2j_r$
	H_3	$\varepsilon_{b(H3)} = 2e + T_{D1} + T_{D2} + 2j_r$
	H_4	$\varepsilon_{b(H4)} = T_{D1} + T_{D2} + 2j_r$
	H_1	$\varepsilon_{b(H1)} = \frac{T_D}{2} + 2e + \frac{T_{D2}}{2}$
	H_2	$\varepsilon_{b(H2)} = \frac{T_D}{2} + 2e + \frac{T_{D2}}{2}$
	H_3	$\varepsilon_{b(H3)} = \frac{T_{D1}}{2} + \frac{T_{D2}}{2} + 2e$
	H_4	$\varepsilon_{b(H4)} = \frac{T_{D1}}{2} + \frac{T_{D2}}{2}$
	L_1	$\varepsilon_{b(L1)} = T_L + 2r\,\mathrm{tg}\alpha$

Tabelul 18.16 (continuare)

Schema de instalare	Cota	Abaterea de bazare și orientare
	H_1	$\varepsilon_{b(H1)} = \frac{T_D}{2} + 2e + T_{D1} + T_{D2} + 2j_r - 2L\,\mathrm{tg}\alpha$
	H_2	$\varepsilon_{b(H2)} = \frac{T_D}{2} + 2e + T_{D1} + T_{D2} + 2j_r - 2\,L\,\mathrm{tg}\alpha$
	H_1	$\varepsilon_{b(H1)} = \frac{T_D}{2} + 2e + \frac{T_{D2}}{2} + L\,\mathrm{tg}\alpha$
	H_2	$\varepsilon_{b(H2)} = \frac{T_D}{2} + 2e + \frac{T_{D2}}{2} + L\,\mathrm{tg}\alpha$

unui ajustaj cu strîngere, abaterile anterior amintite se anulează cu excepția excentricității dornului (2 *e*). Așezarea semifabricatelor pe dornuri rigide (fig. 18.28 și 18.29) permite preluarea jocurilor prin interpunerea unui element elastic *8*, care se deformează uniform în direcție radială, sub acțiunea forțelor axiale transmise de la arcul *4*, prin pana

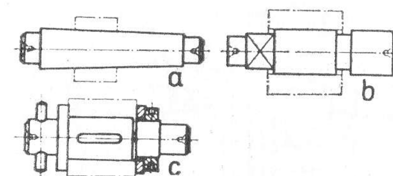


Fig. 18.28. Dornuri rigide:
a—conice; *b* — cilindrice; *c* — cilindrice cu pană de antrenare

2 și tija *6*. Dispozitivul realizează și așezarea pe suprafața cilindrică interioară de dimensiune mai mare (*D*) prin intermediul plunjerelor *5* și a penei *2*.

Dornurile cu elemente deplasabile radial realizează preluarea jocului radial minim necesar așezării semifabricatelor, eliminînd abaterile de orientare și de bazare. În funcție de elementele care realizează deplasarea radială, dornurile deplasabile pot fi cu bile, cu role, cu plunjere sau cu alte elemente (fig. 18.30 și 18.31).

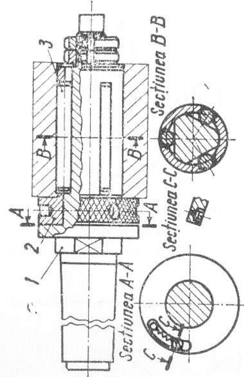


Fig. 18.30. Dorn deplasabil cu role:
1 – dorn; 2 – bucșe; 3 – rolă

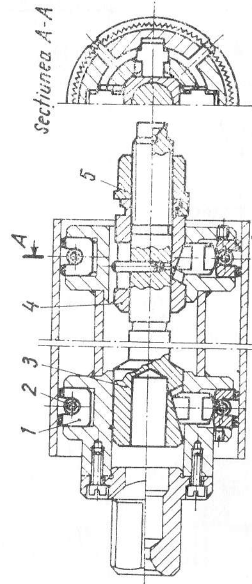


Fig. 18.31. Dorn deplasabil cu plunjere:
1 – plunjer; 2 – arc circular; 3 și 4 – pene; 5 – șurub de strîngere

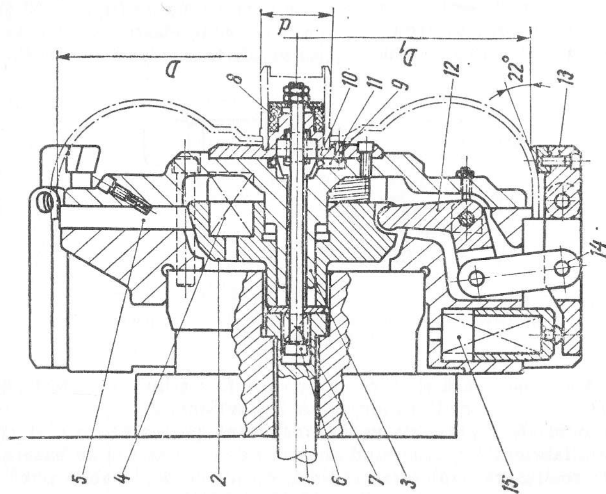


Fig. 18.29. Dispozitiv cu dorn extensibil cu fixare complexă a obiectului de lucru după suprafețele interioare și exterioare ale acestuia:
1 – tijă de acționare; 2 – pană; 3 – capac; 4 – arc de acționare; 5 – plunjer de fixare; 6 – șurub; 7 – arc; 8 – cauciuc; 9 – știft; 10 – bucșe; 11 – obiect de lucru; 12 – pîrghie; 13 – bridă de fixare; 14 – bolt; 15 – element elastic

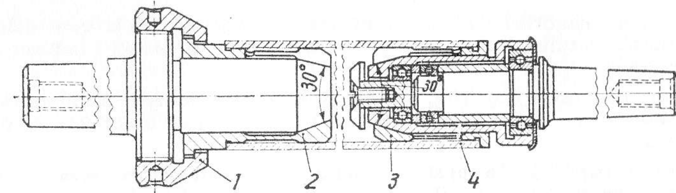


Fig. 18.32. Dornuri extensibile cu bucșă elastică secționată:
1 – piuliță de strîngere; 2 – bucșă elastică secționată; 3 – dorn conic; 4 – obiect de lucru

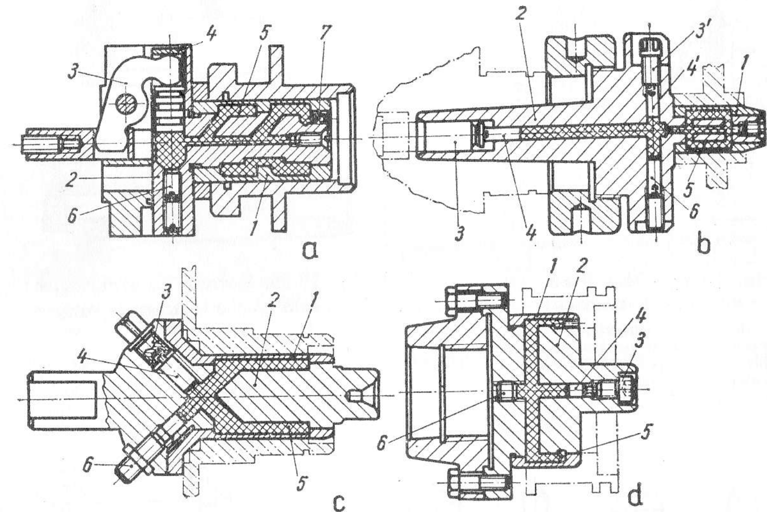


Fig. 18.33. Dornuri extensibile cu bucșă elastică cu pereți subțiri:
a – acționat pneumatic; b – acționat mecanizat sau manual; c și d – acționate manual cu șurub; 1 – bucșă elastică; 2 – corpul dornului; 3 – sistem de transmitere și acționare; 4 – piston; 5 – hidroplast; 6 – șurub de reglare; 7 – evacuator aer

Dornurile cu elemente elastice, realizează așezarea semifabricatelor pe suprafețele lor cilindrice interioare, asigurînd orientarea cu axă de simetrie, prin preluarea jocului radial datorită elementelor elastice.

Dornurile cu elemente elastice deformabile se clasifică în funcție de natura elementului elastic.

a. Dornuri cu bucșă elastică secționată (fig. 18.32). Deformarea elastică a elementelor secționate *2* ale bucșei se produce sub acțiunea forțelor axiale și a penei, determinate de mecanismul șurub-piuliță *1*. Semifabricatul fiind de lungime mare, este așezat pe dornuri la ambele capete.

b. Dornuri cu bucșă elastică cu pereți subțiri (fig. 18.33). La aceste dornuri transmiterea forțelor pentru deformarea pereților bucșelor se realizează, în general, prin intermediul hidroplastului.

c. Dornuri şi mandrine cu membrană elastică (fig. 18.34) la care deformarea şi prinderea semifabricatului se realizează prin deformarea membranei 1 sub acţiunea forţei axiale transmise de tija 3.

d. Dornuri cu arcuri disc (fig. 18.35). Realizează prinderea semifabricatului prin deformarea seturilor de arcuri 1 sub acţiunea forţelor axiale amplificate de mecanismul şurub-piuliţă 2.

Bolţurile de sprijin (fig. 18.36) sînt elemente normalizate pentru aşezarea semifabricatelor în general, pe două alezaje cilindrice avînd axele paralele. În acest caz (fig. 18.37)

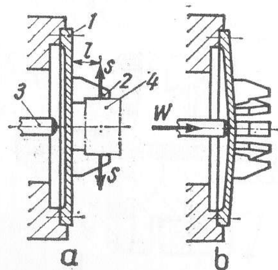


Fig. 18.34. Mandrină cu membrană elastică:
a — în timpul prinderii; *b* — membrana deformată pentru aşezarea obiectului de prelucrat; *1* — membrană; *2* — fălci; *3* — tijă de acţionare; *4* — obiect de lucru

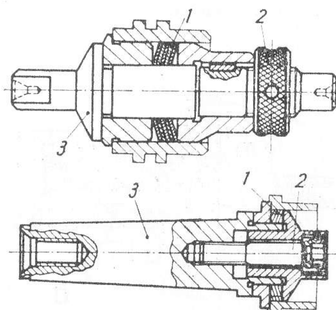


Fig. 18.35. Dornuri cu arcuri disc:
1 — arcuri disc; *2* — sistem de strîngere; *3* — corp

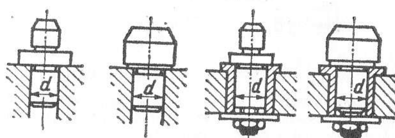


Fig. 18.36. Bolţuri de sprijin

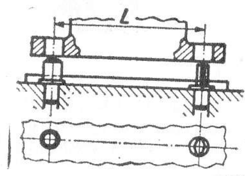


Fig. 18.37. Aşezarea obiectului de lucru pe bolţuri

aşezarea este cu orientare după un plan de simetrie, determinat de cele două axe paralele ale bolţurilor de sprijin.

Pentru introducerea semifabricatelor pe bolţuri, unul dintre bolţuri se teşeşte (fig. 18.38). Lăţimea *b* a părţii neteşite a bolţului se determină cu relaţia

$$b = \frac{D_2 j_2}{T_{LP} + T_{LD} - j_1}$$

în care: D_2 este diametrul alezajului corespunzător bolţului teşit; j_1 şi j_2 — jocurile maxime între bolţuri şi alezajul semifabricatelor, corespunzător celor două alezaje; iar T_{LP} şi T_{LD} — toleranţa distanţei între axa *L*, pentru produs, respectiv pentru bolţuri.

Jocurile existente între alezajele pieselor şi bolţuri pot provoca abateri de orientare, determinate de orientarea planului real de simetrie al obiectului de prelucrat faţă de planul

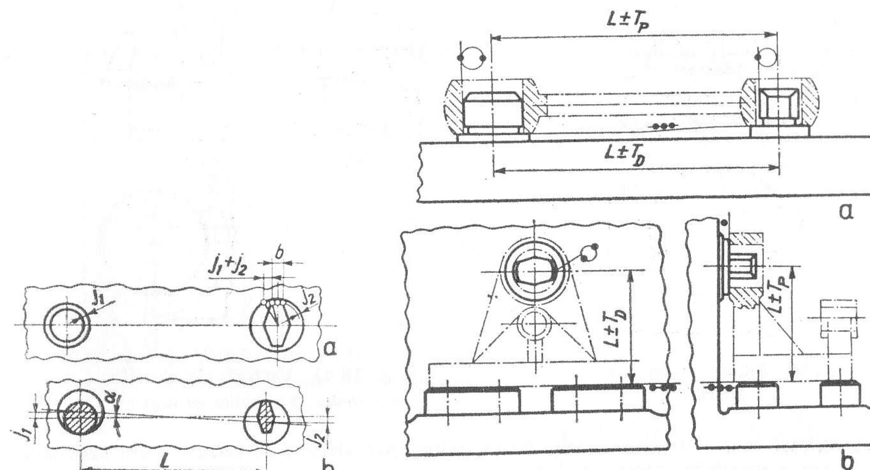


Fig. 18.38. Bolţuri teşite:
a — schemă pentru determinarea lăţimii *b* a bolţului teşit; *b* — schema rotirii şi deplasării obiectului de lucru

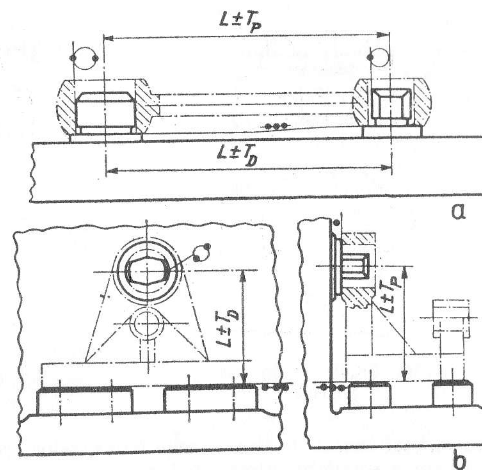


Fig. 18.39. Exemple de aşezare a obiectelor de lucru pe bolţuri:
a — aşezare şi rezemare pe bolţuri; *b* — rezemare simplă pe bolţuri de aşezare şi rezemare de ghidare pe suprafeţe plane

de simetrie de orientare al bolţurilor (fig. 12.38, *b*). Unghiul de rotaţie α se poate determina cu relaţia aproximativă

$$\sin \alpha = \frac{j_1 + j_2}{L}.$$

În fig. 18.39, *a* este reprezentată o schemă pentru aşezarea pieselor pe două bolţuri, iar în fig. 18.39, *b* aşezarea piesei se execută pe suprafaţa plană a acesteia, bolţul avînd rolul de elemente de reazem.

18.3.2.4. ELEMENTE ŞI MECANISME DE ORIENTARE A OBIECTELOR DE PRELUCRAT DUPĂ SUPRAFEŢELE LOR CONICE ŞI SFERICE. Orientarea obiectelor de prelucrat prin aşezarea acestora pe suprafeţele lor conice asigură o orientare cu axă de simetrie care preia piesei 5 grade de libertate. Rotaţia piesei în jurul axei de simetrie se elimină prin rezemarea în canale de pană, sau pe alte suprafeţe ale piesei, sau prin intermediul forţelor de strîngere.

Elementele de orientare caracteristice aşezării pieselor pe suprafeţele lor conice şi sferice exterioare sînt conurile de sprijin (fig. 12.40), iar pentru aşezarea pe suprafeţe

conice interioare vîrfurile de sprijin (de așezare) (fig. 18.41). Datorită formei acestor suprafețe se asigură contactul permanent între suprafețele de bază conjugate și abaterile de orientare sînt nule. În funcție de abaterile unghiulare și la dimensiunea diametrală

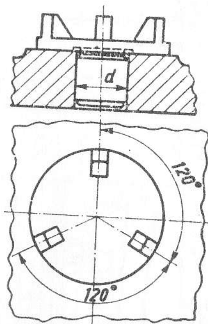


Fig. 18.40. Con de sprijin

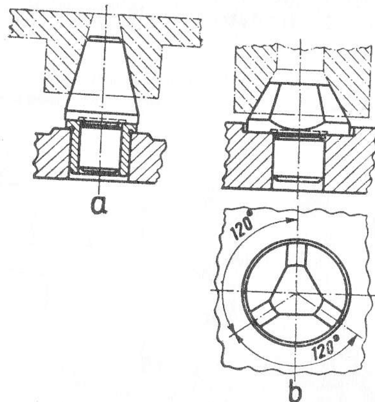


Fig. 18.41. Vîrfuri de sprijin:
a — conice; *b* — conice cu degajări

a suprafeței conice de bază a semifabricatelor apar abateri de bazare, care provoacă o deplasare a semifabricatelor în lungul axei de simetrie.

Orientarea obiectelor de lucru prin așezarea lor pe două suprafețe conice interioare sau exterioare, cu axele confundate se realizează pe două vîrfuri respectiv pe două conuri. Abaterile de bazare, în acest caz, sînt indicate în tabelul 18.17. Acest sistem de orientare

Tabelul 18.17

Abateri de bazare

Caracteristica orientării	Schema de instalare	Cota	Abaterea de bazare
Așezarea și rezemarea între vîrfuri	L_2, L_4, L_1, L_3, L	L_1 L_2 L_3 L_4	$\varepsilon_{b(L1)} = T_L + T_{dc}$ $\varepsilon_{b(L2)} = T_{dc}$ $\varepsilon_{b(L3)} = T_{dc}$ $\varepsilon_{b(L4)} = 0$
Așezarea între vîrfuri, rezemarea pe o suprafață frontală plană	L_2, L_4, L_1, L_3, L	L_1 L_2 L_3 L_4	$\varepsilon_{b(L1)} = T_L$ $\varepsilon_{b(L2)} = 0$ $\varepsilon_{b(L3)} = 0$ $\varepsilon_{b(L4)} = 0$

Observație. T_L reprezintă toleranțe **la dimensiunea** L iar T_{dc} — toleranța la diametrul găurii de centrare.

este des întîlnit la operația de strunjire a semifabricatelor lungi, în care caz elementele pentru păpușa fixă a strungului sînt fixe, iar cele pentru păpușa mobilă fixe sau rotative. Vîrfurile de sprijin rotative (fig. 18.42) realizează o precizie de centrare mai mică, datorită impreciziei elementelor suplimentare introduse (rulmenți), în schimb permit prelucrarea semifabricatelor așezate între vîrfuri la turații ridicate.

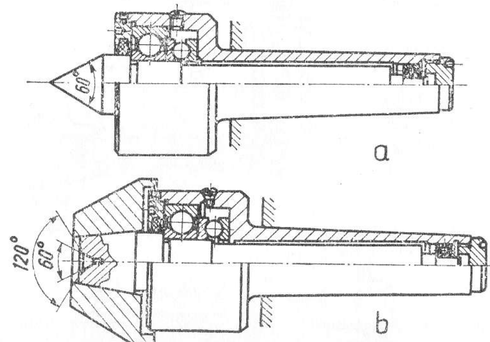


Fig. 18.42. Vîrfuri de centrare rotative:
a — pentru găuri de centrare; *b* — pentru țevi

Pentru eliminarea abaterilor de bazare, datorate impreciziilor de prelucrare a găurilor de centrare a semifabricatelor, vîrful păpușii fixe poate fi construit deplasabil, astfel încît poziția axială a semifabricatului să fie determinată de suprafața frontală de rezemare a semifabricatului cu suprafața conjugată a bucșei în care este montat vîrful (fig. 18.43).

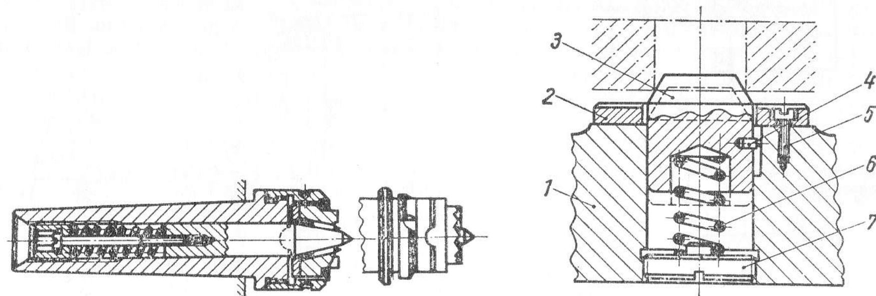


Fig. 18.43. Vîrf de centrare cu antrenare frontală

Fig. 18.44. Vîrf deplasabil axial:
1 — placă de bază; *2* — placă de sprijin; *3* — vîrf deplasabil; *4* — știft; *5* — șurub de fixare; *6* — arc; *7* — șurub de reglare

În cazul în care cele două vîrfuri sau conuri sînt incluse într-un mecanism de centrare, astfel încît mișcarea lor simultană să fie simetrică față de un plan, orientarea semifabricatului rezultă cu centru de simetrie; centrul de simetrie apare la intersecția axei de simetrie a vîrfurilor cu planul de simetrie al mecanismului de centrare.

Atît vîrfurile cît și conurile de sprijin pot lucra pe elementele semifabricatelor, care rezultă la intersecția suprafețelor plane și cilindrice ale acestuia, în care caz erorile de bazare sînt influențate și de abaterile de la poziția relativă a acestor suprafețe. În fig. 18.44 vîrful deplasabil lucrează pe muchia de intersecție a suprafeței cilindrice cu cea plană a semifabricatului, pentru rezemarea acestuia.

18.3.2.5. ELEMENTE ŞI MECANISME SUPLIMENTARE DE SPRIJIN. Elementele şi mecanismele suplimentare de sprijin au rolul de a preîntîmpina deformarea pieselor mai puţin rigide, sub acţiunea forţelor de strîngere şi de aşchiere (fig. 18.45). Suprafeţele active ale elementelor suplimentare, care realizează contactul cu semifabricatul,

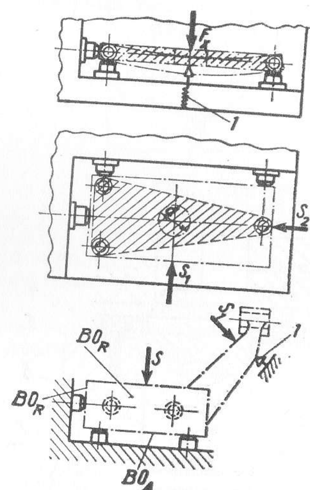


Fig. 18.45. Schemă de amplasare a elementelor suplimentare de sprijin

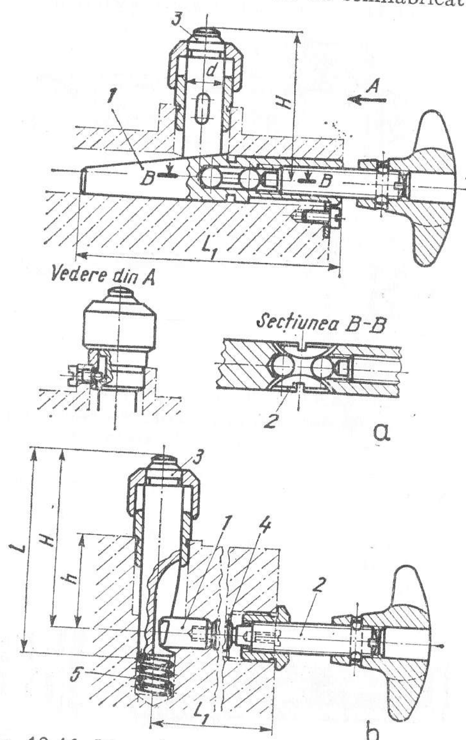


Fig. 18.46. Mecanisme suplimentare de sprijin: *a* — cu aşezare ulterioară; *b* — cu autoaşezare; *1* — pană cu autofrînare; *2* — sistem de blocare; *3* — element de sprijin; *4* — element de transmitere; *5* — arc

au o formă dictată de forma suprafeţei semifabricatului şi pot fi asemănătoare oricăror elemente de orientare cunoscute.

În funcţie de modul de funcţionare, mecanismele suplimentare de sprijin pot fi:

a. Autoaşezabile, la care contactul semifabricatului cu elementul suplimentar de sprijin se realizează sub acţiunea greutăţii proprii a semifabricatului sau sub acţiunea forţei de strîngere (fig. 18.46, *b*).

b. Cu aşezare ulterioară, la care aducerea în contact a elementului suplimentar de sprijin cu semifabricatul se realizează prin acţionarea suplimentară a anumitor elemente ale mecanismului suplimentar de sprijin, cum ar fi deplasarea orizontală a penei *1* (fig. 18.46, *a*).

Mecanismele suplimentare de sprijin sînt prevăzute cu elemente de blocare. Mecanismul autoaşezabil din fig. 18.46, *b* foloseşte pentru blocare autofrînarea pe suprafaţa activă a şurubului 2 ($\alpha \leqslant \varphi_1 + \varphi_2$), iar mecanismul suplimentar de sprijin cu aşezarea ulterioară, forţele de frecare ce apar la contactul penelor segment *2* cu corpul dispozitivului.

Pentru toate tipurile de mecanisme suplimentare de sprijin este necesar ca forţa axială a elementului de sprijin suplimentar să nu modifice orientarea semifabricatului.

18.3.3. ELEMENTE ŞI MECANISME DE FIXARE

18.3.3.1. CONSIDERAŢII GENERALE. Elementele şi mecanismele de fixare ale dispozitivelor de instalare pentru prelucrări mecanice au rolul de asigurare a menţinerii orientării semifabricatelor, anulînd acţiunile forţelor de aşchiere. Elementele de fixare vin în contact nemijlocit cu semifabricatul pe suprafeţele de referinţă tehnologice de fixare ale acestuia, transmiţînd semifabricatului forţele de strîngere, dezvoltate de veriga motoare a mecanismului de fixare.

Pentru realizarea forţelor necesare fixării produselor se folosesc diferite sisteme de acţionare: manuală, mecanizată şi automatizată.

Acţionarea manuală a mecanismelor de fixare se execută prin forţa de acţionare pe care o poate dezvolta operatorul în condiţii normale de muncă. Forţa operatorului este exercitată asupra verigii motoare a mecanismului de fixare, care poate fi o manetă, pedală, pîrghie, roată de mînă etc., provocînd rotaţia acesteia şi în rare cazuri o mişcare de translaţie. Întrucît acţionarea manuală exercită forţe şi momente de acţionare reduse, pentru obţinerea unor forţe de strîngere de valori ridicate se folosesc elemente de amplificare, care trebuie să fie cu autofrînare, pentru menţinerea valorilor forţelor de strîngere şi după încetarea acţiunii forţei de acţionare, împiedicînd deplasarea semifabricatului în timpul prelucrării. Acţionarea manuală se foloseşte în principal la dispozitivele pentru producţia de serie mică şi unicate, dar şi la dispozitivele universale şi specializate la care utilizarea altor tipuri de acţionări nu este posibilă sau introducerea lor nu este justificată din punct de vedere economic.

Acţionarea mecanizată poate fi pneumatică, hidraulică, electromecanică, electromagnetică şi magnetică. Ea are avantajul unei acţionări rapide realizînd forţe de acţionare mari, în schimb este mai costisitoare. În fig. 18.47 este indicată o schemă bloc care poate să corespundă acţionării pneumatice sau hidraulice.

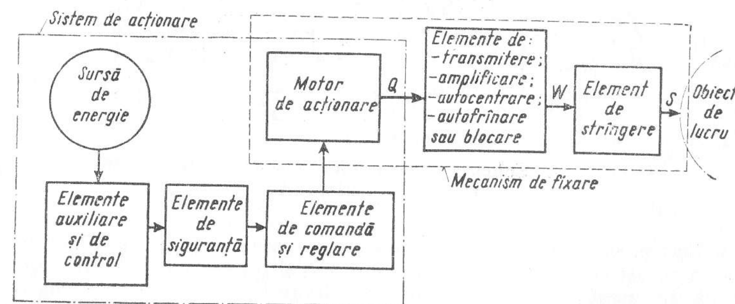


Fig. 18.47. Schema bloc a unui mecanism de fixare şi a sistemului de acţionare mecanizat:
Q — forţă de acţionare; W — forţă transmisă; S — forţă de strîngere

Acționarea automatizată folosește în vederea fixării particularitățile semifabricatelor și ale forțelor de așchiere sau forțele și momentele dezvoltate de acționările principale sau secundare ale mașinilor unelte (fig. 18.48).

18.3.3.2. DETERMINAREA FORȚELOR DE ACȚIONARE. Deoarece toate ecuațiile de echilibru ale corpurilor ce alcătuiesc mecanismul de fixare a unui dispozitiv compus

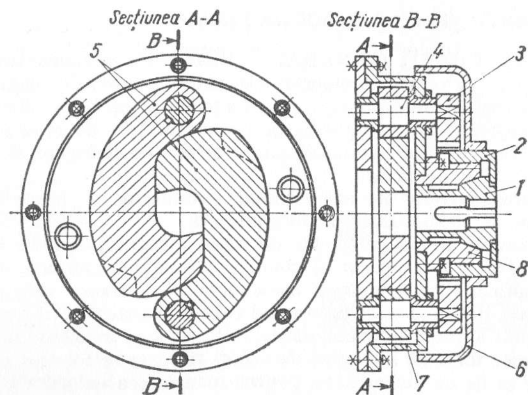


Fig. 18.48. Mandrină cu bucșă elastică acționată inerțial de forțele centrifuge:

1 — bucșă elastică secționată; 2 — piuliță de tragere cu dantură exterioară; 3 — sector dințat; 4 — arbore de transmitere; 5 — segmenți de acționare; 6 — capac de protecție; 7 — carcasă; 8 — bucșă tronconică

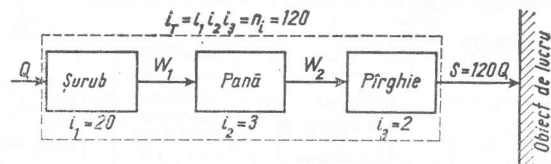


Fig. 18.49. Schema bloc a unui mecanism de fixare folosit la un dispozitiv

de exemplu din trei elemente de transmitere și amplificare a forțelor (fig. 18.49) sînt liniare și omogene în raport cu elementele mecanice motor și rezistent (forță sau cuplu), după ce se elimină din aceste ecuații reacțiunile din legături, rezultă întotdeauna o ecuație de formă $S = i_T Q$ în care Q și S sînt forțele de acționare, respectiv de strîngere, iar i_T este raportul total de transmitere al forțelor, corespunzător mecanismului analizat.

Raportul total de transmitere al forțelor este egal cu produsul rapoartelor de transmitere al elementelor componente ale mecanismului: $i_T = i_1 i_2 i_3 \ldots i_n = \Pi i$.

Este important de remarcat faptul că raportul i_T de transmitere al forțelor, pentru același mecanism și pentru aceeași poziție a sa, este variabil între două limite care corespund celor două sensuri posibile de mișcare a mecanismului: spre elementul de strîngere i_S, sau spre cel de acționare i_Q, adică: $i_S \leqslant i \leqslant i_Q$.

Pentru a crea o forță de strîngere S, forța de acționare Q trebuie să învingă și forțele de frecare, iar pentru menținerea echilibrului, atunci cînd forța S tinde să deplaseze elementele mecanismului spre cel de acționare, forța S trebuie să învingă forțele de frecare și în consecință: $i_S < i_Q$.

În absența frecării, aceste două valori sînt egale între ele, adică: $i_S = i = i_Q$.

Notînd cu λ inversul rapoartelor de transmitere al forțelor se poate scrie că $W_n = \frac{1}{i} S = \lambda S$, unde W_n este forța care acționează asupra ultimului element al mecanismului de fixare.

În cazul în care forța S tinde să deplaseze mecanismul înspre forța de acționare Q (în sens invers sensului forței Q), relația anterioară are forma $W_n = \lambda_Q \cdot S$.

Din relație rezultă că pentru $\lambda_Q = 0$, indiferent de valoarea forței S, mecanismul rămîne în echilibru pentru $W_n = 0$. Acest lucru reprezintă tocmai condiția de autofrînare a acestui element, exprimată prin inegalitatea: $\lambda_Q \leqslant 0$.

O observație importantă este aceea că λ_Q se obține din expresia coeficientului λ_S prin schimbarea semnului coeficientului de frecare, regulă generală care este folosită la calculul valorilor extreme ale raportului de transmitere al forțelor. Astfel, pentru a obține o forță de strîngere S, cu ajutorul unei pene cu o singură înclinare α (fig. 18.50), forța necesară de acționare se determină cu expresia:

$$S = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}.$$

În acest caz, deplasarea executîndu-se spre semifabricat, deci spre forța S (în sensul forței Q), rezultă: $\lambda_S = \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1$ și $\lambda_Q = \operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - \operatorname{tg}\varphi_1$.

Așadar, pentru a menține pana în echilibru sub acțiunea forțelor elastice S ce apar la contactul între acesta și semifabricat, este necesară o forță de acționare Q exprimată de relația: $Q = \lambda_Q \cdot S$.

Condiția de autofrînare a penei este exprimată de ecuația $\lambda_Q = 0$ și este: $\alpha \leqslant \varphi_1 + \varphi$.

În cazul în care $\alpha = \varphi_1 + \varphi$, forța necesară desfacerii penei este nulă, adică $Q_d = 0$, iar pentru condiția $\alpha < \varphi_1 + \varphi$ forța de desfacere a penei este exprimată de relația; $Q_d = \frac{S}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - \operatorname{tg}\varphi_1}$.

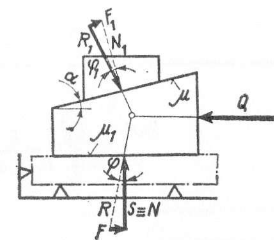


Fig. 18.50. Schema forțelor care acționează asupra unui element de fixare în formă de pană

În lipsa frecărilor, pentru $\varphi_1 = \varphi = 0$, forța de strîngere are valoarea $S = Q/\operatorname{tg}\alpha$. Raportul $1/\operatorname{tg}\alpha = i_{id}$ reprezintă raportul de transmitere ideal al forțelor, în lipsa frecărilor, în care caz se obține valoarea maximă S_{id} a forțelor de strîngere, denumită forță de strîngere ideală: $S_{id} = i_{id} Q$.

Inversul coeficientului i_{id} exprimă tocmai raportul de transmitere al deplasărilor (curselor) i_n după direcția vectorilor forțelor, adică $i_n = 1/i_{id}$.

Randamentul unui element component al mecanismului este exprimat de raportul $\eta = \frac{S}{S_{id}} = \frac{i}{i_{id}} = ii_n$ iar randamentul întregului mecanism se determină cu relația: $\eta_T = \eta_1\eta_2 \ldots \eta_n$.

Cunoscîndu-se valorile forțelor sau momentelor necesare acționării, durata realizării acestora și randamentul mecanismului, pot fi determinate cu ușurință valorile puterii necesare acționării mecanismului de fixare.

18.3.3.3. ELEMENTE DE TRANSMITERE ȘI AMPLIFICARE A FORȚELOR. MECANISMELE ELEMENTARE DE FIXARE A PIESELOR. În scopul obținerii unor forțe de strîngere superioare valoric celor de acționare, mecanismele de fixare ale dispozitivelor sînt prevăzute cu elemente de amplificare și transmitere a forțelor de tipul penelor, pîrghiilor etc. Pentru obținerea unui mecanism de fixare cu autofrînare, cel puțin unul dintre elementele componente ale mecanismului de fixare trebuie să prezinte proprietăți de autofrînare.

Elementele de transmitere și amplificare a forțelor pot forma singure un mecanism de fixare, denumit din această cauză elementar, în special în cazul acționării manuale. În acest caz elementul trebuie să fie construit de așa natură încît să prezinte proprietăți de autofrînare în domeniul de lucru.

Mecanisme de fixare cu pană. Sînt de construcție simplă și pot forma diferite combinații de mecanisme împreună cu plunjere și pîrghii. Pentru reducerea pierderilor prin frecare, pe suprafețele active și de reazem ale acestora, se pot introduce role, în care caz frecarea este de rostogolire, sau role articulate, în care caz frecarea este mixtă. Rapoartele de transmitere pentru diferite tipuri de mecanisme cu pană constituie în același timp și coeficienți de amplificare ai acestor mecanisme (tabelele 18.18 și 18.19).

Tabelul 18.18

Rapoarte de transmitere pentru diferite mecanisme cu pană

Schița	Raportul de transmitere
$\varphi_1;\mu_1$, α_1, Q, $\mu_2;\varphi_2$	$i = \frac{1}{tg(\alpha_1 + \varphi_1) + tg\varphi_2}$
α_1, Q, d, D	$i = \frac{1}{tg(\alpha_1 + \varphi_{1e}) + tg\varphi_2 \frac{d}{D}}$ unde $\varphi_{1e} = \text{arc } tg\mu_1 \frac{d}{D}$

Tabelul 18.18 (continuare)

Schița	Raportul de transmitere
α_1, Q	$i = \frac{1}{tg(\alpha_1 + \varphi_{1e}) + tg\varphi_2}$
Q	$i = \frac{1}{tg(\alpha_1 + \varphi_1)}$; $W_\Sigma = Qi$ iar $W = \frac{W_\Sigma}{2}$
D, d, Q	$i = \frac{1}{tg(\alpha_1 + \varphi_{1e})}$
Vedere din A; φ_2, A, Q	$i = \frac{1}{tg(\alpha_1 + \varphi_1) + tg\varphi_2}$; $W_\Sigma = Qi$; $W = \frac{W_\Sigma}{n}$, n fiind numărul penelor
α_1, Q	$i = \frac{1}{tg(\alpha_1 + \varphi_1)}$

Tabelul 18.19

Raportul de transmitere pentru diferite mecanisme cu pană cu plunjere

Schița	Raportul de transmitere
	$i = \dfrac{1 - \mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_1)\mathrm{tg}\varphi_3}{\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_1) + \mathrm{tg}\varphi_3}$
	$i = \dfrac{1 - \mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_{1e})\mathrm{tg}\varphi_3}{\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_{1e}) + \mathrm{tg}\varphi_3}$, unde $\varphi_{1e} = \mathrm{arc\ tg}\mu_1 \dfrac{d}{D}$
	$i = \dfrac{1 - \mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_{1e})\mathrm{tg}\varphi_3}{\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_{1e}) + \mathrm{tg}\varphi_2 \dfrac{d}{D}}$
	$i = \dfrac{1 - \dfrac{3l}{a}\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_1)\mathrm{tg}\varphi_3}{\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_1)\mathrm{tg}\varphi_2}$

Tabelul 18.19 (continuare)

Schița	Raportul de transmitere
	$i = \dfrac{1 - \dfrac{3l}{a}\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_{1e})\mathrm{tg}\varphi_3}{\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_{1e}) + \mathrm{tg}\varphi_2}$
	$i = \dfrac{1 - \dfrac{3l}{a}\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_{1e})\mathrm{tg}\varphi_3}{\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_{1e}) + \mathrm{tg}\varphi_2 \dfrac{d}{D}}$
Secțiunea A-A	$i = \dfrac{1 - \dfrac{3l}{a}\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_1)\mathrm{tg}\varphi_3}{\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_1)}$; $W_\Sigma = Qi$; $W = \dfrac{W_\Sigma}{n}$, n fiind numărul plunjerelor
	$i = \dfrac{1 - \dfrac{3l}{a}\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_{1e})\mathrm{tg}\varphi_3}{\mathrm{tg}(\alpha_1 + \varphi_{1e})}$

Valorile rapoartelor de transmitere se pot lua direct din diagramele din fig. 18.51–18.55.

La transmiterea forţelor dezvoltate de pană prin plunjere, în cazul în care direcţia plunjerului nu este normală pe direcţia forţei de acţionare Q (fig. 18.56), forţele dezvoltate de plunjer pot fi determinate cu relaţia

$$W = \frac{\sin(\alpha_2 - \varphi_1) - \cos(\alpha_2 - \varphi_1)\,\mathrm{tg}\,\varphi_3}{\sin(\alpha_1 + \varphi_1) + \cos(\alpha_1 + \varphi_1)\,\mathrm{tg}\,\varphi_2}\,Q$$

pentru plunjere apăsate pe o singură parte a ghidajului şi cu relaţia

$$W = \frac{\sin(\alpha_2 - \varphi_1) - \frac{3l}{a}\cos(\alpha_2 - \varphi_1)\,\mathrm{tg}\,\varphi_3}{\sin(\alpha_1 + \varphi_1) + \cos(\alpha_1 + \varphi_1)\,\mathrm{tg}\,\varphi_2}\,Q$$

pentru plunjere în consolă (solicitate de un moment de rotaţie) în care a este lungimea

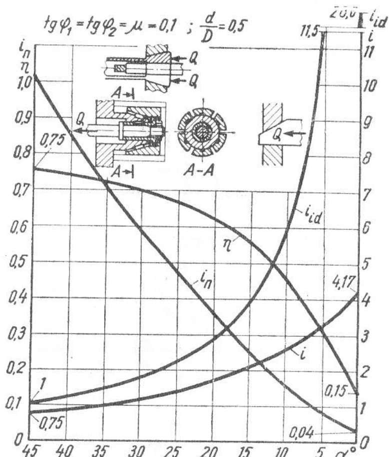


Fig. 18.51. Caracteristicile elementelor de fixare cu pană

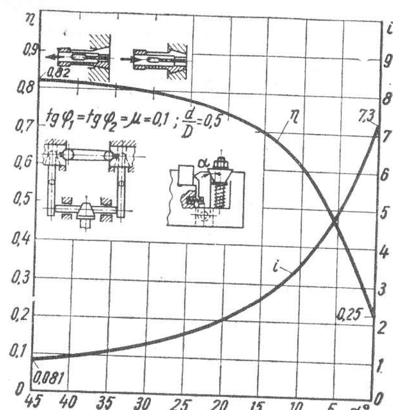


Fig. 18.52. Raportul de transmitere i al forţelor şi randamentul η la elementele de fixare cu pană cu dublă înclinare

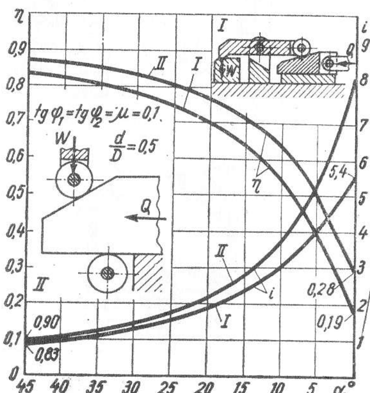


Fig. 18.53. Caracteristicile elementelor de fixare cu pană:

I — cu frecare mixtă pe suprafaţa activă a penei; *II* — cu frecare mixtă pe ambele suprafeţe ale penei

de ghidare a plunjerului iar l — cota punctului de contact al rezultantei forţelor de contact plunjer-pană, faţă de mijlocul lungimii de ghidare.

Mecanisme de fixare cu şurub (tabelul 18.20). Sînt des utilizate la mecanismele de fixare ale dispozitivelor, datorită construcţiei simple şi siguranţei sporite în exploatare.

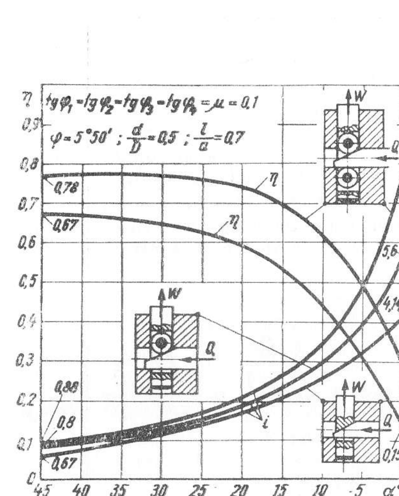


Fig. 18.54. Raportul de transmitere al forţelor i şi randamentul η la mecanimele de fixare cu pană şi plunjer

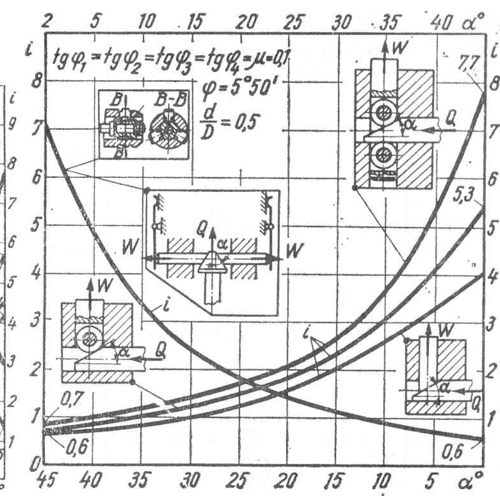


Fig. 18.55. Raportul de transmitere al forţelor i la mecanismele de fixare cu pană şi plunjer

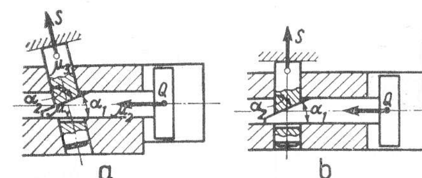


Fig. 18.56. Mecanismele de fixare cu pană şi plunjer cu acţionare mecanizată:

a) $\alpha_1 + \alpha_2 > \frac{\pi}{2}$; *b)* $\alpha_1 + \alpha_2 = \frac{\pi}{2}$

Mecanisme de fixare cu pîrghii şi pîrghii articulate. Sînt folosite ca elemente de amplificare, avînd coeficienţi de amplificare reduşi. Nu pot forma singure mecanisme elementare de fixare, deoarece nu prezintă proprietăţi de autofrînare.

Tabelul 18.20

Determinarea forțelor de strîngere la mecanismele cu șurub

Tipul	Schema mecanismului de fixare	Formule de calcul pentru determinarea forței de strîngere S	i, raportat la tipul I
I	Șurub cu cap sferic	$S = \dfrac{QL}{r_m \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$ L — lungimea brațului de acționare a forței Q la cheie (manetă); r_m — raza medie a filetului; φ — unghiul de frecare; α — unghiul de ridicare a filetului	1
II	Șurub cu cap plat inelar	$S = \dfrac{QL}{r_m \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \dfrac{1}{3}\mu \dfrac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}$ μ — coeficient de frecare	0,52
III	Șurub cu cap plat	$S = \dfrac{QL}{r_m \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \dfrac{1}{3}\mu D}$	0,75
IV	Șurub cu cap sferic cu pastilă de presiune	$S = \dfrac{QL}{r_m \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \dfrac{1}{2}\mu D}$	0,70

Forțele dezvoltate de pîrghii (fig. 18.57), cu considerarea pierderilor prin frecare în articulație, se pot exprima cu relațiile $S = W \dfrac{a - \dfrac{a+b}{b}\mu r}{b}$ pentru fig. 18.57, *a* și $S = W \dfrac{a + b - \dfrac{a}{b}\mu r}{b}$ pentru fig. 18.57, *b* în care r este raza fusului articulației iar μ — coeficient de frecare la alunecarea din articulație.

Relațiile anterioare pot fi scrise și sub forma $S = W\dfrac{a}{b}\eta$ și $S = W\dfrac{a+b}{b}\eta$, în care randamentul poate fi considerat în limitele $\eta = 0{,}97 \ldots 0{,}985$.

Pîrghiile articulate (fig. 18.58) pot realiza coeficienți de amplificare mai mari atunci cînd unghiul α format de pîrghia de distanțare *2* are valori mici. Pentru cazul prezentat în figură, relația pentru determinarea forței V dezvoltate de pîrghia de distanțare este

$$V = W \frac{L}{l_1 \operatorname{tg}(\alpha + \beta)} \text{ în care } \beta = \arcsin \frac{\mu d}{L} = 1°,$$

d fiind diametrul bolțului articulației.

În tabelul 18.21 sînt indicate relațiile de calcul pentru diferite tipuri de mecanisme cu pîrghii articulate. Valorile rapoartelor de transmitere i și cursele s ale punctelor de

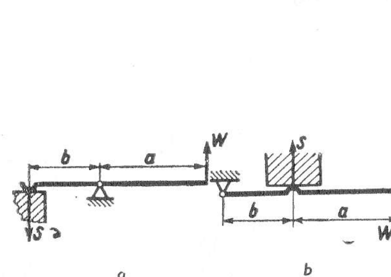


Fig. 18.57. Mecanisme de fixare de tipul pîrghiilor

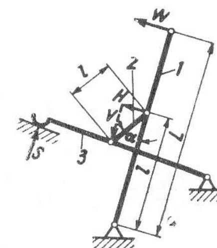


Fig. 18.58. Mecanisme de fixare cu pîrghii articulate:

1 — pîrghie de acționare; *2* — pîrghie de distanțare; *3* — pîrghie de strîngere

aplicație a forțelor W pot fi aflate din diagramele din fig. 18.59 ridicate pentru valorile coeficienților de frecare la alunecare: $\operatorname{tg}\varphi_1 = \operatorname{tg}\varphi_2 = \operatorname{tg}\varphi_3 = \mu = 0{,}1$ și $\beta = 1°10'$; $d/L = 0{,}2$; $d/D = 0{,}5$; $l/a = 0{,}7$.

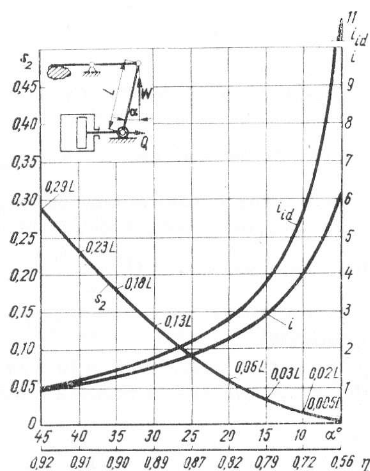
Tabelul 18.21

Relații de calcul pentru mecanismele cu pîrghii articulate

Schița	Rapoartele de transmitere i și cursele s
	$i = \dfrac{1}{tg(\alpha + \beta) + tg\varphi_2 \dfrac{d}{D}}$; $i_{id} = \dfrac{1}{tg\,\alpha}$; $s_2 = L(1 - \cos\alpha)$
	$i = \dfrac{1}{2\,tg(\alpha + \beta)}$; $i_{id} = \dfrac{1}{2\,tg\,\alpha}$; $s_2 = 2L(1 - \cos\alpha)$
	$i = \dfrac{1}{2}\left[\dfrac{1}{tg(\alpha + \beta)} - \dfrac{3L}{a}\,tg\varphi_3\right]$; $i_{id} = \dfrac{1}{2\,tg\,\alpha}$
	$i = \dfrac{1}{tg(\alpha + \beta)}$; $i_{id} = \dfrac{1}{tg\,\alpha}$;

Tabelul 18.21 (continuare)

Schița	Rapoartele de transmitere i și cursele s
	$W_\Sigma = Qi$; $W_1 = \dfrac{W_\Sigma}{2}$; $s_{2\Sigma} = 2\,L(1 - \cos\alpha)$; $s_2 = \dfrac{s_{2\Sigma}}{2}$
	$i = \left[\dfrac{1}{tg(\alpha + \beta)} - \dfrac{3l}{a}\,tg\varphi_3\right]$; $i_{id} = \dfrac{1}{tg\,\alpha}$; $W_\Sigma = Qi$; $W_1 = \dfrac{W_\Sigma}{2}$; $s_{2\Sigma} = 2L(1 - \cos\alpha)$; $s_2 = \dfrac{s_{2\Sigma}}{2}$



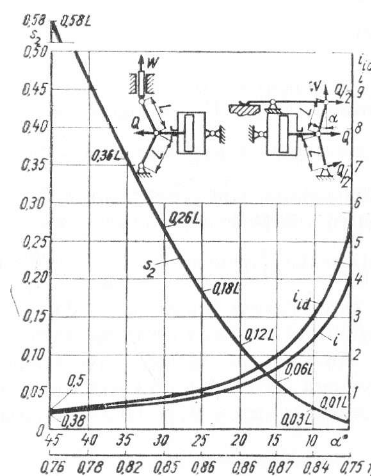


Fig. 18.59. Caracteristicile mecanismelor de fixare cu pîrghii articulate

Mecanisme de fixare cu excentric. Pot fi cu excentric circular sau curbiliniu. Excentricul circular are o utilizare mai mare datorită construcției sale simple (fig. 18.60) și are dezavantajul unor proprietăți de autofrînare variabile. Proprietățile de autofrînare ale excentricului circular sînt solicitate la limita maximă pentru o poziție a manetei determinată de unghiul de rotire al acestuia β față de direcția excentricității, de valoare: $\beta = \frac{\pi}{2} - \varphi$, în care φ este unghiul de frecare corespunzător contactului excentricului pe suprafața activă exterioară, determinată de raza r.

Fig. 18.60. Element de fixare cu excentric circular

Condiția de autofrînare a excentricului circular, pe toată suprafața activă exterioară de contact, este exprimată prin relația $e \leqslant \rho + \rho_1$, în care e este excentricitatea, mm, ρ și ρ_1 — razele cercurilor de frecare corespunzătoare suprafețelor cilindrice exterioare respectiv a fusului, determinate de relațiile $\rho = r \sin \varphi$ și $\rho_1 = r_1 \sin \varphi_1$, în care r și r_1 — razele suprafețelor cilindrice exterioare, respectiv a fusului excentricului, iar φ și φ_1 — unghiurile de frecare corespunzătoare contactului pe suprafețele cilindrice determinate de razele r și r_1.

La axe excentrice, la care strîngerea se realizează cu ajutorul bolțului excentric de rază r_1, condițiile de autofrînare sînt exprimate de relația:

$$e \leqslant \rho - \rho_1.$$

Raportul de transmitere al forțelor (sau coeficientului de amplificare) are valori variabile în funcție de unghiul de rotație al manetei, avînd valoarea minimă pentru $\beta = \frac{\pi}{2} + \varphi$. Pentru această poziție, rezultantele forțelor care lucrează asupra excentricului circular sînt paralele între ele iar forța de strîngere S are o valoare minimă S_{min} pentru o forță de acțiune Q constantă. Forța minimă de strîngere dezvoltată de excentricul circular $\left(\text{(pentru } \beta = \frac{\pi}{2} + \varphi\right)$ se poate determina cu expresia $S_{min} = Q \frac{L + \rho_1}{2e} \cos \varphi$ în care: L este brațul forței de acționare Q; e — excentricitatea; $(e = \rho + \rho_1)$; φ — unghiul de frecare la contactul excentricului cu semifabricatul.

În condițiile în care excentricul nu prezintă proprietăți de autofrînare pe întreaga suprafață activă, determinarea coeficientului minim de amplificare, și prin acesta a forței minime de strîngere, se face cu relația:

$$i_{min} = \frac{L + \rho_1}{e + \rho + \rho_1} \cos \varphi \text{ iar } S_{min} = Q i_{min}.$$

Forța necesară de acționare Q pentru realizarea unei forțe rezultante de strîngere R, pentru orice poziție a excentricului poate fi determinată cu relația exactă

$$Q = \frac{R}{L^2 - \rho_1^2} [E + \sqrt{E^2 - (E_1^2 - \rho_1^2)(L^2 - \rho_1^2)}]$$

în care $R = \frac{S}{\cos \varphi}$, $E = LE_1 - \rho_1^2 \sin \gamma$ și $E_1 = \rho + e \sin \gamma$, unde $\gamma = \beta - \varphi$, sau cu relația aproximativă $S = \frac{QL}{e[1 + \sin(\beta + \varphi)]}$.

18.4. DETERMINAREA EFICIENȚEI ECONOMICE A UTILIZĂRII DISPOZITIVELOR

Reducerea consumurilor neproductive ale timpului de muncă, în scopul creșterii productivității muncii și a intensificării folosirii utilajului, impun sarcina proiectării și folosirii permanente a dispozitivelor.

În majoritatea cazurilor, în același scop, pot fi proiectate mai multe variante de dispozitive, sau, mai general, de echipament tehnologic, în care caz, alegerea variantei optime impune pe lîngă analiza tehnică, a variantelor și analiza economică a acestora.

Pentru ca un dispozitiv (sau, mai general, echipamentul tehnologic) să fie eficient din punct de vedere economic este necesar ca economiile realizate, ca o consecință sau efect al utilizării dispozitivului, să depășească valoric cheltuielile efectuate cu acesta într-o perioadă oarecare de timp, în general pe durata unui an, adică să se respecte inegalitatea:

$$EN \geqslant C \left[\frac{\text{lei}}{\text{an}}\right] \qquad (18.25)$$

în care: E este efectul economic al folosirii dispozitivului, $\frac{\text{lei}}{\text{buc}}$; pentru o singură piesă; N — programul anual de producție, $\frac{\text{buc}}{\text{an}}$; C — cheltuieli anuale pentru dispozitiv, $\frac{\text{lei}}{\text{an}}$.

În condițiile respectării inegalității (18.25), eficiența economică F a utilizării unui dispozitiv, exprimată prin economiile anuale rezultate, poate fi determinată din relația:

$$F = EN - C \left[\frac{\text{lei}}{\text{an}}\right], \qquad (18.26)$$

iar eficiența economică specifică, raportată la un singur produs prin relația:

$$\frac{F}{N} = E - \frac{C}{N} \text{ sau } f = E - c \left[\frac{\text{lei}}{\text{an} \cdot \text{buc}}\right] \qquad (18.27)$$

în care: $f = \frac{F}{N}$ reprezintă eficiența economică specifică iar $c = \frac{C}{N}$ reprezintă cheltuieli anuale specifice pentru dispozitive.

Funcția care reprezintă variația eficienței economice specifice poate fi obținută și grafic ca diferență a funcțiilor E și c, toate exprimate în funcție de programul anual de producție N (fig. 18.61). Din determinarea grafică a eficienței economice specifice

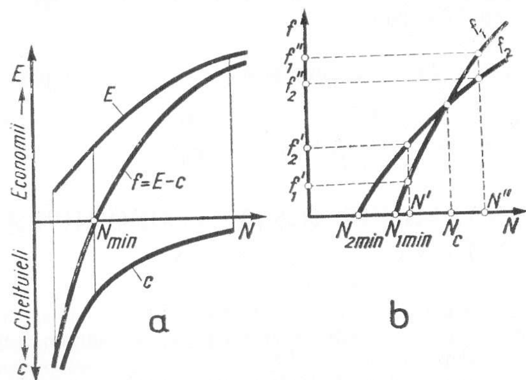


Fig. 18.61. Variația eficienței economice a utilizării unui dispozitiv:

a — determinarea grafică; *b* — variația eficienței economice a două variante de dispozitive

(fig. 18.61, *a*) rezultă că aceasta are valori pozitive pentru $N > N_{min}$, iar pentru $N < N_{min}$, eficiența economică este negativă, ceea ce denotă că varianta de dispozitiv analizată, în acest caz nu este rentabilă.

18.4.1. DETERMINAREA PROGRAMULUI ANUAL DE PRODUCȚIE MINIM ȘI A CELUI CRITIC

Determinarea programului anual minim (N_{min}), care delimitează eficiența economică pozitivă a unui dispozitiv, se poate deduce din condiția: $E = c$, pentru $N = N_{min}$, sau $E = \dfrac{C}{N_{min}}$ și se exprimă prin relația:

$$N_{min} = \frac{E}{C}\left[\frac{\text{buc}}{\text{an}}\right]. \tag{18.28}$$

Inegalitatea (18.25) poate fi respectată de mai multe variante de dispozitive, în care caz se pune problema alegerii variantei optime. În fig. 18.61, *b* este reprezentată variația funcției economiilor specificate în cazul a două variante de dispozitive. Din diagramă rezultă că pentru $N' < N_c$ este mai avantajoasă varianta a doua deoarece $f_2' > f_1'$, iar pentru $N'' > N_c$ situația se prezintă invers. Valoarea critică a programului anual de producție N_c, care delimitează folosirea unei anumite variante de dispozitiv, rezultă din condiția: $f_1 = f_2$ pentru $N = N_c$ sau $E_1 - \dfrac{C_1}{N_c} = E - \dfrac{C_2}{N_c}$.

Din relația anterioară rezultă valoarea lui N_c exprimată de relația:

$$N_c = \frac{C_2 - C_1}{E_2 - E_1}\left[\frac{\text{buc}}{\text{an}}\right]. \tag{18.29}$$

18.4.2. DETERMINAREA EFECTULUI ECONOMIC DATORAT UTILIZĂRII DISPOZITIVELOR

În urma utilizării dispozitivelor în cadrul proceselor de producție pot să apară efecte economice directe și indirecte. Efectele economice directe se pot datora: măririi productivității muncii, prin reducerea volumului de muncă pentru executarea piesei ca urmare a reducerii timpilor auxiliari și uneori și a celor de bază, fără modificarea componentelor STE (E_{d1}); posibilitatea modificării avantajoase, din punct de vedere economic, a uneia sau a mai multor componente ale STE ca urmare a folosirii dispozitivului (E_{d2}); modificării condițiilor de lucru ale operatorului în cazul folosirii unor dispozitive complexe care permit mecanizarea și automatizarea operațiilor, făcînd posibilă absența parțială sau totală a operatorului, în care timp acesta se poate preocupa de realizarea altor operații tehnologice (E_{d3}).

Efectele economice indirecte (E_i) se pot datora: modificării avantajoase a semifabricatului ca urmare a utilizării dispozitivului (E_{i1}); modificării calității produsului obținut și în special a preciziei de prelucrare și a rugozității suprafețelor prelucrate, în cazul folosirii dispozitivului (E_{i2}); reducerii efortului fizic depus de operator, astfel încît acesta se poate concentra asupra obținerii calității produsului (E_{i3}): modificării condițiilor de exploatare ale componentelor STE cum ar fi: reducerea uzurii sculelor și a mașinii ca urmare a reducerii valorilor forțelor de așchiere, a evitării șocurilor și a vibrațiilor etc. (E_{i4}). Efectele economice indirecte, enumerate anterior ca și altele, pot fi în general foarte greu de exprimat valoric în care caz acțiunea lor se neglijează.

Efectul economic, datorat utilizării unui dispozitiv, se poate exprima ca sumă a efectelor economice parțiale, directe și indirecte, prin relația:

$$E = \Sigma E_d + \Sigma E_i \left[\frac{\text{lei}}{\text{buc}}\right]. \tag{18.30}$$

Avîndu-se în vederea posibilitatea modificării procesului tehnologic și la alte operații decît aceea pentru care este destinat dispozitivul, determinarea corectă a eficienței economice se face luînd în considerare toate operațiile procesului tehnologic, care suferă modificări datorită utilizării dispozitivului, începînd cu operațiile de debitare și terminînd cu cele de asamblare, inclusiv lucrările de ajustare.

Reducerea volumului de muncă pentru o piesă, se exprimă prin relația:

$$e_1' = \Sigma t_i - \Sigma t_j \left[\frac{\text{h}}{\text{buc.}}\right] \tag{18.31}$$

în care Σt_i și Σt_j reprezintă suma volumelor de muncă, ca sumă a timpilor unitari ai operațiilor pentru realizarea acelorași piese din cele două variante care se compară, $\dfrac{\text{h}}{\text{buc.}}$.

Economia medie la salariile directe se exprimă prin relația:

$$e_1 = \Sigma t_i s_i - \Sigma t_j s_j \left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}}\right] \tag{18.32}$$

în care: s_i și s_j reprezintă salariile tarifare orare ale operațiilor în cele două variante care se compară, $\left[\frac{\text{lei}}{\text{h}}\right]$.

La determinarea efectului economic datorat creșterii productivității muncii se ia în considerare și reducerea cheltuielilor de regie, care se exprimă în procente față de salariile directe. Efectul economic în acest caz se exprimă cu relația:

$$E_1 = \left(1 + \frac{R}{100}\right)(\Sigma\, t_i s_i - \Sigma\, t_j s_j) \left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}}\right] \quad (18.33)$$

în care R reprezintă cheltuieli de regie ale secției care utilizează dispozitivul, în procente (%).

În cazul modificării unor componente ale STE, în general a mașinii de lucru, efectul economic se exprimă prin relația

$$E_2 = \left(1 + \frac{R_2}{100}\right)[\Sigma\, t_i (R_i + s_i) - \Sigma\, t_j (R_j + s_j)] \left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}}\right] \quad (18.34)$$

în care R_2 reprezintă cheltuielile de regie, cu excepția celor legate de funcționarea utilajelor, în procente (%) iar R_i și R_j — cheltuielile de regie pentru o oră de funcționare a componentelor modificate ale STE în cele două variante comparate, $\frac{\text{lei}}{\text{h}}$.

Efectul economic în cazul eliberării operatorului, prin automatizarea operațiilor, se determină ca sumă a cheltuielilor cu salariile directe și a celor de regie efectuate în cazul utilizării operatorului, exprimate prin relația

$$E_3 = \left(1 + \frac{R}{100}\right)\Sigma\, t_i s_i \left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}}\right] \quad (18.35)$$

Așa cum rezultă și din relația anterioară, în cazul eliberării operatorului prin automatizarea operațiilor tehnologice, efectul economic are o valoare maximă. În același timp și cheltuielile pentru dispozitivele și restul echipamentului tehnologic au o valoare maximă, așa încît, numai diferența acestor cheltuieli și a economiilor maxime determină eficiența economică.

18.4.3. DETERMINAREA CHELTUIELILOR ANUALE PENTRU DISPOZITIVE

Metodologia determinării cheltuielilor anuale pentru dispozitive depinde de particularitățile constructive și de exploatare ale fiecărui tip de dispozitiv. În general, cheltuielile anuale pentru dispozitiv depind de:

C_p — cheltuieli pentru proiectarea dispozitivelor;
C — cheltuieli de fabricație a acestuia, formate din cheltuielile cu manopera, cu materiale și de regie (costul dispozitivului);
C_e — cheltuieli anuale de exploatare ale dispozitivului;
T — durata de serviciu a dispozitivului sau durata de amortizare a acestuia (ani).

Cheltuielile anuale pentru dispozitivele speciale (C_{DS}) se exprimă ca sumă a cheltuielilor parțiale, afectate de durata de serviciu sau de amortizare a acestora T, prin relația:

$$C_{DS} = (C_p + C)\frac{1}{T} + C_e. \quad (18.36)$$

Exprimînd cheltuielile parțiale raportate la costul dispozitivului, rezultă:

$$C_{DS} = \left(\frac{k_p + 1}{T} + K\right)C \quad (18.37)$$

în care $k_p = \frac{C_p}{C}$ reprezintă coeficientul de proiectare, exprimînd raportul între cheltuielile pentru proiectarea dispozitivului special și cele pentru execuția acestuia iar $k_e = \frac{C_e}{C}$ — coeficient de exploatare.

Coeficientul pentru proiectarea dispozitivelor speciale se determină cu precizie suficientă pe baza normativelor institutelor de proiectare tehnologice, cu luarea în considerație a cheltuielilor de regie din birourile de proiectare. Datele experimentale arată că aceste cheltuieli reprezintă aproximativ 50% din costul dispozitivelor speciale și în mod aproximativ se poate considera $k_p = 0{,}5$.

Cheltuielile anuale pentru exploatarea dispozitivelor cuprind cheltuielile pentru reparații, reglare, depozitare și acționarea acestora (energie electrică, pneumatică) precum și alte cheltuieli cu materiale necesare exploatării dispozitivelor. Datele uzinale arată că aceste cheltuieli se ridică la 10—30% din costul dispozitivului, în care caz $k_e = 0{,}1...0{,}3$.

Durata T de exploatare a dispozitivelor depinde de calitatea de execuție a acestora, de condițiile de exploatare, de intensitatea folosirii și încărcarea dispozitivului etc. În funcție de acești factori, la un plan de producție stabilit pe un număr de ani, se recomandă ca termenul de amortizare să fie ales astfel: $T = 1$ an, pentru dispozitive simple; $T = 2...3$ ani, pentru dispozitive de complexitate medie; $T = 4...5$ ani, pentru dispozitive de complexitate ridicată.

Costul dispozitivelor se poate determina: prin normarea consumului de materiale și a manoperei pentru confecționarea dispozitivului; după normative aproximative, în funcție de dimensiunile de gabarit, greutate, tip etc., elaborate de întreprinderi; prin comparație cu alte dispozitive analoage sau analitic, în mod aproximativ, cu relația:

$$C = kM \text{ [lei]} \quad (18.38)$$

în care k este o constantă care depinde de complexitatea dispozitivului ($k = 15...40$) iar M — numărul total de repere din care este constituit dispozitivul.

Pentru dispozitivele universale cheltuielile de proiectare sînt incluse în costul dispozitivelor C și în acest caz, determinarea cheltuielilor anuale pentru dispozitivele universale C_{DU} se face cu relația $C_{DU} = \left(\frac{1}{T} + k_e\right)C$ din care, notînd $k_a = \frac{1}{T}$, rezultă

$$C_{DU} = (k_a + k_e)C \quad (18.39)$$

În cazul în care dispozitivul universal este proiectat și realizat în întreprindere, cheltuielile anuale se pot determina cu relația (18.36) sau (18.37).

Un dispozitiv de grup se poate compune dintr-o parte universală și n piese de reglare amovibile, formînd în exploatare o serie de variante, fiecare dintre ele asigurînd prinderea unor piese. Cheltuielile pentru dispozitivele de grup se pot determina ca sumă

a cheltuielilor pentru partea universală și pentru părțile reglabile amovibile (considerate dispozitive speciale simple) și se exprimă prin relația

$$C_{DG} = \left[\frac{k_p + 1}{T} + k_e\right] C_u + \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{k_{pi} + 1}{T} + k_{ei}\right) C_{ri} \qquad (18.40)$$

în care: C_u reprezintă costul părții universale a dispozitivului de grup; C_{ri} — costurile pieselor reglabile, amovibile, k_{pe} și k_{ei} — coeficienții de proiectare și de exploatare a pieselor reglabile.

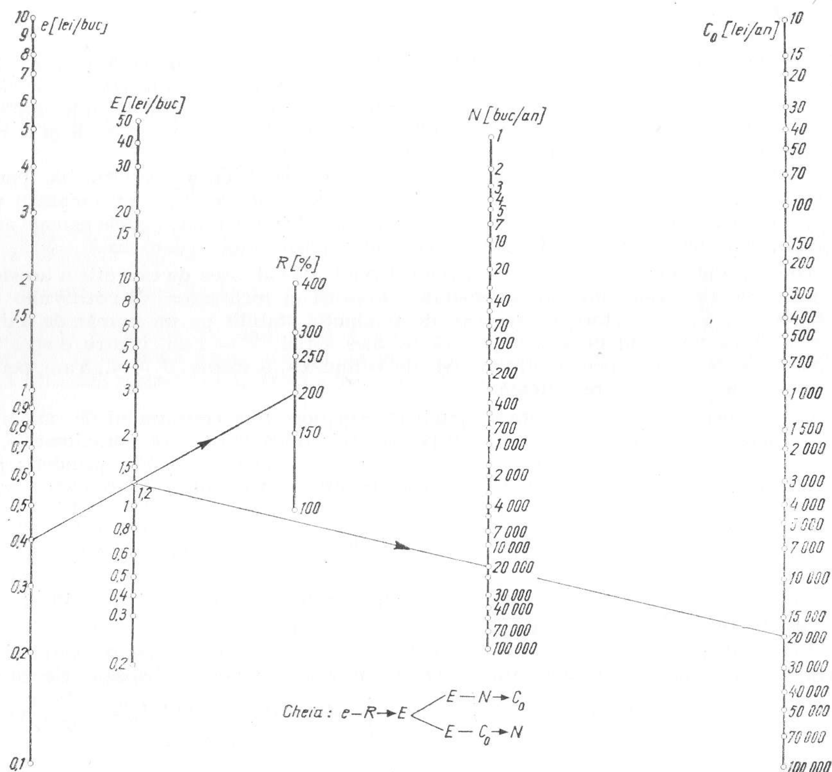


Fig. 18.62. Nomogramă pentru determinarea efectului economic E și a cheltuielilor maxime anuale C_0 pentru dispozitive sau a programului anual minim de producție N

Cunoscîndu-se programul anual de producție, N, prin determinarea efectului economic și al cheltuielilor anuale pentru dispozitive, se pot determina economiile totale anuale, cu ajutorul relației (18.26), pentru toate variantele posibile, alegîndu-se din punct de vedere economic aceea care realizează eficiența economică maximă (fig. 18.62).

19. STUDIUL TEHNICO-ECONOMIC AL PROCEDEELOR ȘI PROCESELOR TEHNOLOGICE

19.1. INFLUENȚA PROCEDEELOR TEHNOLOGICE ASUPRA ECONOMICITĂȚII FABRICAȚIEI

19.1.1. UNELE CONSIDERAȚII GENERALE

La stabilirea unui proces tehnologic trebuie să se cunoască dacă procedeul tehnologic admis asigură — în condițiile unei producții unitare, de serie sau de masă — prevederile documentației tehnice, dacă se asigură calitatea corespunzătoare cu un minim de cheltuială de muncă vie și de muncă materializată. Trebuie de asemenea să se țină seama de folosirea rațională a mijloacelor de producție.

Pentru stabilirea unui proces tehnologic cu cea mai bună eficiență economică va trebui să se analizeze diferitele procedee care se pot folosi pentru prelucrarea unui produs.

Studiul variantelor de prelucrare se va face ținînd seama de influența tuturor indicatorilor tehnici și economici. În acest sens se va lua în considerare volumul de muncă, consumul de materiale și cheltuielile cu SDV-urile. În afară de acești factori însă, uneori este necesar a se lua în considerare și alți factori, ca de exemplu: termenul de livrare, încărcarea mașinilor, calificarea cadrelor etc.

Deși volumul de muncă este un indicator important al variantei tehnologice, el nu poate caracteriza întotdeauna complet economicitatea procedeului tehnologic. Volumul de muncă poate fi folosit ca indicator mai ales la producția de masă și de serie mare.

Pentru exprimarea economicității proceselor tehnologice se pot folosi:

a) raportul între volumul de muncă vie folosit la ajustare și finisare și volumul de muncă folosit la mașinile-unelte; cu cît acest raport va fi mai mic, cu atît procesul tehnologic va fi mai economic;

b) compararea ponderii mașinilor-unelte de mare productivitate cu totalul mașinilor-unelte folosite se obține un indicator al nivelului tehnic al procesului de prelucrare; la această comparare trebuie să se țină seama de coeficientul economic de încărcare al mașinilor;

c) coeficientul care exprimă nivelul de înzestrare și tehnicitate a procesului tehnologic; acest coeficient poate fi obținut făcîndu-se raportul între numărul de SDV-uri și numărul de repere și poate exprima în anumite condiții economicitatea procedeului admis.

La studiul variantelor trebuie însă să fie luate în considerare procedeele tehnologice folosite de la elaborarea semifabricatului pînă la produsul finit.

Dacă nu se respectă această indicație, rezultatele analizei economicității variantelor vor fi eronate. De exemplu, analizînd numai aspectul prelucrării mecanice, fără a lua în considerare procedeul de elaborare a semifabricatului înseamnă că analiza este incom-

pletă, deoarece costul prelucrării mecanice este influențat de mărimea adaosului de prelucrare. Reducerea adaosului de prelucrare se obține prin aplicarea unui procedeu mai costisitor pentru elaborarea semifabricatului, ca de exemplu forjarea liberă înlocuită cu forjarea în matriță.

La evaluarea economicității prelucrării trebuie să se țină seama și de cheltuielile operațiilor de asamblare.

Studiul variantelor economice se face în funcție de condițiile în care urmează a se aplica procesul tehnologic.

Stabilirea unei tehnologii pentru o producție nouă într-o întreprindere nou proiectată. Acesta este cazul cel mai favorabil, deoarece se va face dotarea după cele mai noi cuceriri ale științei și tehnicii, mașini noi și dispozitive, amenajarea locului de lucru etc. În acest caz va trebui să se țină seama de perspectivele de dezvoltare.

Analiza economicității procesului de fabricație se va face în comun de tehnologul pentru elaborarea semifabricatelor, pentru prelucrările mecanice și pentru asamblare.

Studiul variantelor economice pentru o producție nouă în condițiile unei utilizări existente. O astfel de situație este mai dificilă deoarece procedeele tehnologice sînt limitate de posibilitățile existente în uzină. La analiza variantelor tehnologice va trebui să se țină seama de posibilitățile de modernizare a utilajului, de introducere a tehnologiilor noi și chiar de dotare cu unele mașini-unelte noi. Calculele economice pot scoate în evidență economicitatea înlocuirii utilajului vechi prin utilaj de înaltă tehnicitate și de mare productivitate. La aceste calcule se ia în considerare volumul producției de realizat.

Cazurile mai frecvent întîlnite sînt acelea privitor la continuarea unei producții în condițiile introducerii unor tehnologii noi, cu înlocuirea unor mașini-unelte și utilaje vechi cu mașini-unelte și utilaje noi.

La această analiză se va lua în considerare creșterea productivității, posibilitățile și perioada de amortizare a investițiilor.

Pentru efectuarea studiului asupra economicității variantelor tehnologice se vor lua în considerare factorii determinanți cum sînt: costul materialelor sau a semifabricatelor, costul sculelor, dispozitivelor și verificatoarelor, costul muncii vii (salarii), cotele de amortizare, cheltuielile de regie directă și indirectă. Evaluarea chetuielilor pentru prelucrarea unei piese se poate face cu suficientă aproximație prin expresia:

$$C = C_{mat} = C_{man} + C_r + C_{am} + C_d + C_s \tag{19.1}$$

în care: C_{mat} reprezintă costul materialelor, lei;
C_{man} — costul manoperei lei;
C_r — costul regiei totale lei;
C_{am} — cota parte a amortismentului lei;
C_d — cota de la dispozitivele speciale construite pentru prelucrările respective lei;
C_s — cota de la sculele special construite, lei.

19.1.2. COSTUL MATERIALELOR

La costul materialelor se consideră materialele necesare pentru obținerea semifabricatelor. Deoarece o parte din valoarea materialului V_{mat} se recuperează prin valorificarea deșeurilor ce rămîn $V_{deș}$, aceasta se va scădea din valoarea totală a materialului.

$$C_{mat} = V_{mat} - V_{deș} \tag{19.2}$$

Dacă variantele proceselor tehnologice alese atrag după ele și deosebiri în ceea ce privește obținerea semifabricatelor, atunci va fi necesar să se facă un calcul aproape similar și pentru semifabricate.

În calculul de prelucrare mecanică va intra atunci în loc de valoarea materialelor, valoarea semifabricatelor.

19.1.3. COSTUL MANOPEREI

Calculul costului manoperei (C_{man}), la care se va ține seama de timpul necesar pentru prelucrare și de categoriile în care se încadrează lucrările respective, se face cu relația

$$C_{man} = S_m \left(\frac{t_{pi}}{n} + t_{ef} \right) \tag{19.3}$$

în care: t_{pi} este timpul de pregătire și încheiere, min;
t_{ef} — timpul efectiv, min;
S_m — salariul muncitorului, lei/oră sau lei/min;
n — numărul de piese din seria respectivă buc.

Dacă reglorii de mașini se plătesc separat, atunci costul manoperei devine C'_{man} și se calculează cu relația

$$C'_{man} = S'_m \frac{t_{pi}}{n} + S_m \left(\frac{t_{pi}}{n} + t_{ef} \right) \tag{19.4}$$

în care S'_m este salariul reglorului, lei/oră sau lei/min.

Exprimînd timpul pe bucată pentru cazul că sînt n bucăți în serie, se poate observa că timpul unitar scade, pe măsură ce crește numărul de bucăți în serie:

$$t_u = \frac{t_{pi}}{n} + t_{ef}. \tag{19.5}$$

Timpul necesar pentru toată seria se poate exprima sub forma:

$$t_s = t_{pi} + n t_{ef} \tag{19.6}$$

Dacă se reprezintă grafic aceste relații, se obține pentru timpul unitar o hiperbolă asimptotică la timpul efectiv t_{ef}, iar pentru timpul total pe serie, o dreaptă (fig. 19.1).

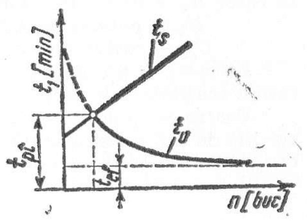


Fig. 19.1. Reprezentarea variației timpului unitar și pe serie:
1 — timp unitar; 2 — timp total pe serie

19.1.4. COTA CORESPUNZĂTOARE CHELTUIELILOR DE REGIE

Cheltuielile de regie se exprimă în mod obișnuit proporțional cu cheltuielile de manoperă. Dacă se notează cheltuielile de regie cu R și acestea sînt exprimate în %, se poate scrie că

$$C_r = C_{man} \frac{R}{100} \tag{19.7}$$

sau

$$C_r = S_m \left(\frac{t_{pi}}{n} + t_{ef} \right) \frac{R}{100}. \tag{19.8}$$

Cheltuielile de regie se mai pot exprima așa cum se produc practic, adică o parte sînt direct proporționale cu cantitatea de produse prelucrate, ca de exemplu cheltuielile pentru scule, energia electrică, uleiul etc., iar o parte sînt cheltuielile indirecte, care sînt independente (într-o oarecare măsură) de cantitatea de produse, cum sînt: amortismentele pentru clădiri, iluminatul, întreținerea clădirilor ș.a. Cu aceste prezentări relația (19.8) poate fi pusă sub forma

$$C_r = S_m t_{ef} \frac{R_d}{100} + S_m \left(\frac{t_{pi}}{n} + t_{ef} \right) \frac{R_{ind}}{100} \tag{19.9}$$

sau

$$C_r = S_m t_{ef} \frac{R_d + R_{ind}}{100} + S_m \frac{t_{pi} R_{ind}}{100\, n} \tag{19.10}$$

Dacă la procedeul admis are loc un consum mare de energie electrică, calculul costului acesteia se face separat. În acest scop se poate folosi relația

$$W_e = K_e \cdot N_i \frac{C_{e1}}{60} \text{ lei/min} \tag{19.11}$$

în care: $K_e = (0,3 \ldots 0,7)$ este coeficientul de folosire a capacității motoarelor electrice;
N_i — puterea instalată, kW;
C_{e1} — costul energiei electrice, lei/kWh.

La calculul procentului de regie trebuie să se țină seama și de cheltuielile cu reparațiile mașinilor, de consumul materialelor de ungere, de răcire etc.

Pentru simplificarea calculelor de comparație se pot face evaluări privind cheltuielile de exploatare a mașinilor. Acestea se vor exprima în lei/min. Calculul acelei părți din aceste cheltuieli care revine pe unitate prelucrată se va face în acest caz mai ușor.

19.1.5. COTA DE AMORTISMENT PENTRU MAȘINILE-UNELTE

Calculul cotei de amortisment C_{am} se face ținînd seama de durata de funcționare în ani a mașinii-unelte respective și de cheltuielile cu reparațiile capitale. Pentru ușurare, se va face înainte un calcul de revenire, în lei/min pentru fiecare mașină-unealtă. Cota cît revine pe bucată de produs se va calcula cu relația

$$C_{am} = t_{ef} C_{mr}. \tag{19.12}$$

Coeficientul C_{mr} se poate calcula cu relația:

$$C_{mr} = \frac{V_m \left(\frac{1}{a_m} + \frac{R}{100} \right)}{60N} \tag{19.13}$$

în care V_m este valoarea mașinii, lei;
a_m — ani de amortizare;
R_m — cheltuieli cu reparațiile capitale exprimate, % din valoarea mașinii;
N — numărul de ore de funcționare pe an.

19.1.6. COTA CORESPUNZĂTOARE CHELTUIELILOR CU CONSTRUCȚIA DISPOZITIVELOR

Dacă pentru prelucrarea unei serii de piese este necesară confecționarea unor dispozitive ce nu sînt prevăzute în mod normal pentru mașina respectivă, atunci se face calculul valorii C_{ds} care revine pe bucată de produs din aceste cheltuieli:

$$C_{ds} = V_{ds} \left(\frac{1}{a_m} + \frac{R_{ds}}{100} \right) \frac{1}{n_{an}} \tag{19.14}$$

în care: V_{ds} este valoarea dispozitivului;
a_m — ani de amortisment (cca 3 ani);
R_{ds} — cheltuielile pe an cu reparațiile și întreținerea dispozitivelor (15...27% din valoarea dispozitivelor);
n_{an} — numărul de bucăți de piese executate pe an.

Dacă dispozitivele se folosesc numai pentru prelucrarea unei singure serii de piese, atunci relația (19.14) devine

$$C_{ds} = \frac{V_{ds}}{n} \left(1 + \frac{R_{ds}}{100} \right) \tag{19.15}$$

n fiind numărul de piese din serie.

Uneori este necesar să se facă mai întîi un calcul din care să se deducă dacă este sau nu rentabil să se construiască anumite dispozitive, ținînd seama de numărul de piese ce urmează a se fabrica.

Determinarea numărului minim de piese n_{min} dintr-o serie pentru care este rentabil să se confecționeze dispozitive ținîndu-se seama de faptul că prin folosirea dispozitivelor se reduce o bună parte d.n timpii auxiliari și de pregătire se poate face cu relația

$$n_{min} = \frac{0{,}6 \Sigma V_{ds}}{K_s \Sigma S_i t_i} \tag{19.16}$$

în care V_{ds} este suma valorilor dispozitivelor, lei;
K_s — coeficient salarii (în funcție de lucru în acord, în regie etc.);
S_i — salarii plătite pentru confecționarea dispozitivelor, lei/min;
t_i — timpul cu cît se reduce durata executării operației respective, minute.

Gradul de înzestrare cu dispozitive arată în bună măsură nivelul tehnic de pregătire al procesului de fabricație. El are influență asupra prețului de cost al produsului. Gradul de înzestrare trebuie să se stabilească pentru fiecare uzină în parte, în raport cu produsele ce se fabrică.

Mărimea coeficientului de echipare depinde de felul și volumul producției, de forma, dimensiunea și greutatea pieselor, de volumul de muncă necesar, de diferențierea sau concentrarea operațiilor, de gradul de unificare și normalizare al produselor și al echipamentului tehnologic.

Tabelul 19.1

Valori ale coeficientului de înzestrare cu dipozitive în industria constructoare de maşini

Felul echipamentului	Felul fabricaţiei		
	Unicate	Serie mică	Serie mare
Dispozitive	0,05—0,1	0,4—0,8	2,0—3,0
Coeficient general de echipare (S.D.V)	0,20—0,4	2,0—4,00	8,0—12,0

Pe baza experienţelor mai multor uzine constructoare de maşini, coeficientul de înzestrare, ţinînd seama de felul fabricaţiei, are valorile arătate în tabelul 19.1.

Pentru reducerea timpului de proiectare şi a volumului de muncă pentru confecţionarea echipamentului tehnologic se recomandă folosirea dispozitivelor compuse din subansambluri normalizate şi interschimbabile, cu ajutorul cărora se pot realiza dispozitive pentru diferite operaţii de prelucrare.

Pentru procese tehnologice de înaltă productivitate se pot folosi dispozitive agregate.

Cuantumul cheltuielilor de înzestrare cu dispozitive în cadrul unei întreprinderi constructoare de maşini poate atinge valori destul de mari (pînă la 40% din valoarea mijloacelor circulante).

19.1.7. COTA CORESPUNZĂTOARE CHELTUIELILOR CU CONSTRUCŢIA SCULELOR

Această cotă C_{sc} se calculează numai pentru sculele care se construiesc în mod special pentru prelucrarea respectivă. Calculul se face cu relaţia:

$$C_{sc} = \frac{V_{sc}}{n_t}\left(1 + \frac{R_{sc}}{100}\right) \tag{19.17}$$

în care

$$n_t = \frac{\text{timpul de lucru economic între două ascuţiri}}{\text{timpul de lucru activ pe bucată}}\, n_r$$ este numărul total de piese ce se prelucrează cu sculele respective;

n_r — numărul de reascuţiri posibile;
V_{sc} — valoarea sculei;
R_{sc} — costul întreţinerii sculelor.

Relaţia se mai poate scrie sub forma

$$C_{sc} = \frac{(V_{sc} + n_r C_r)t_{ef}}{t_a(n_r + 1)} \tag{19.18}$$

în care: n_r este numărul de reascuţiri;
t_{ef} — timpul efectiv, min/buc;
t_a — timpul de durabilitate între două ascuţiri, min.

Uneori se poate ţine seama în calcule de legătura care există între durabilitate şi viteza cu care se lucrează prin relaţia

$$v_{ef}T_{ef}^{m} = v_n T_n^{m} \tag{19.19}$$

în care: v_{ef} este viteza efectivă de aşchiere;
T_{ef} — durabilitatea corespunzătoare vitezei efective de aşchiere;
v_n — viteza de aşchiere admisă ca viteză normală;
T_n — durabilitatea corespunzătoare vitezei de aşchiere normale şi are forma

$$T_{ef} = \left(\frac{v_n}{v_{ef}}\right)^{\frac{1}{m}} T_n$$

sau înlocuind $K_s = \left(\frac{v_n}{v_{ef}}\right)^{\frac{1}{m}}$ rezultă $T_{ef} = K_s T_n$. (19.20)

Deoarece la sculele aşchietoare are importanţă durabilitatea economică T_{ec}, se foloseşte aceasta în locul durabilităţii efective T_{ef}. Cele două durabilităţi diferă între ele şi în general $\frac{T_{ec}}{T_{ef}} < 1$.

19.2. ALEGEREA VARIANTEI OPTIME A PROCESULUI TEHNOLOGIC DE PRELUCRARE

Cunoscînd cheltuielile de care trebuie să se ţină seama la fabricarea unei serii de piese prin aplicarea diferitelor procese tehnologice se poate alege care dintre acestea este cel mai economic.

Expresia care dă cheltuielile de prelucrare se poate scrie sub forma:

$$C_{prel} = S_m\left[\frac{t_{pi}}{n}\left(1 + \frac{R_{ind}}{100}\right) + t_{ef}\left(1 + \frac{R_a + R_{ind}}{100}\right)\right] + \frac{V_m\left(\frac{1}{a_n} + \frac{R_m}{100}\right)t_{ef}}{60N} + \frac{V_{ds}}{n_{an}}\left(\frac{1}{a_m} + \frac{R_{ds}}{100}\right) + \frac{V_{sc}}{n_t}\left(1 + \frac{R_{sc}}{100}\right). \tag{19.21}$$

Dacă se înlocuieşte

$$S_m\left(1 + \frac{R_{ind}}{100}\right) = K_{pi};\quad S_m\left(1 + \frac{R_a + R_{ind}}{100}\right) = K_{ef};\quad \frac{V_m}{60 \cdot N}\left(\frac{1}{a_m} + \frac{R_m}{100}\right) = K_m$$

$$\left(\frac{1}{a_m} + \frac{R_{ds}}{100}\right) = K_{ds} \quad \text{şi} \quad \left(1 + \frac{R_{sc}}{100}\right) = K_{sc}$$

se poate scrie:

$$C_{prel} = K_{pi}\frac{t_{pi}}{n} + (K_{ef} + K_m)\,t_{ef} + K_{ds}\frac{V_{ds}}{n_{an}} + K_{sc}\frac{V_{sc}}{n_t} \qquad (19.22)$$

sau ținînd seama și de cheltuielile cu materialele:

$$C = C_{mat} + C_{prel}.$$

Coeficienții K_{pi}, K_{ef}, K_m, K_{ds} și K_{sc} se pot calcula în cadrul fiecărei întreprinderi, pe baza datelor statistice.

Cheltuielile care se efectuează pentru prelucrarea unei piese se pot scrie grupîndu-se separat cheltuielile directe și indirecte.

Expresia generală va avea atunci forma:

$$C = C_{mat} + C_d + \frac{C_{ind}}{n}. \qquad (19.23)$$

Cunoscînd că pentru prelucrare se pot folosi diferite procedee tehnologice, diferite mașini-unelte, pentru stabilirea variantei mai economice va trebui să se efectueze calcule comparative.

Costul prelucrării unei piese se poate exprima sub forma:

$$C_{prel} = C_d + \frac{C_{ind}}{n} \qquad (19.24)$$

sau pentru toată seria:

$$C_{prel\,s} = nC_d + C_{ind} \qquad (19.25)$$

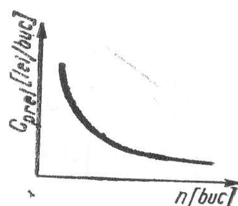


Fig. 19.2. Reprezentarea grafică a variației cheltuielilor pentru prelucrarea unei piese

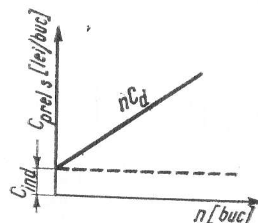


Fig. 19.3. Reprezentarea grafică a variației cheltuielilor pentru prelucrarea unui lot de piese

Reprezentînd grafic cele două expresii, ca și în cazul expresiei variației timpului în funcție de numărul de piese din serie, se obține în primul caz o hiperbolă (fig. 19.2), iar în cel de al doilea caz o dreaptă (fig. 19.3).

Pentru exemplificare se consideră cazul prelucrării unui număr n de piese. Se presupune că se vor folosi trei procese tehnologice (fig. 19.4). Se mai presupune că valoarea materialelor este aceeași. În aceste condiții se pot scrie cheltuielile celor trei cazuri:

$$C_{prel\,1} = C_{d1} + \frac{C_{ind\,1}}{n};$$

$$C_{prel\,2} = C_{d2} + \frac{C_{ind\,2}}{n};$$

$$C_{prel\,3} = C_{d3} + \frac{C_{ind\,3}}{n}.$$

Se admite, de exemplu, că $C_{prel\,s1}$ sînt cheltuielile ce revin la prelucrarea pe un strung universal, $C_{prel\,s2}$ cheltuielile la prelucrarea de pe strung revolver și $C_{prel\,s3}$ cheltuielile pe un strung automat. Din relații și din grafic (fig. 19.4) se poate stabili că pînă la mărimea seriei de n_{12} piese este economică prelucrarea la strungul universal, de la n_{12} la n_{23} este mai economică prelucrarea pe un strung revolver, iar pentru seria mai mare de n_{23}

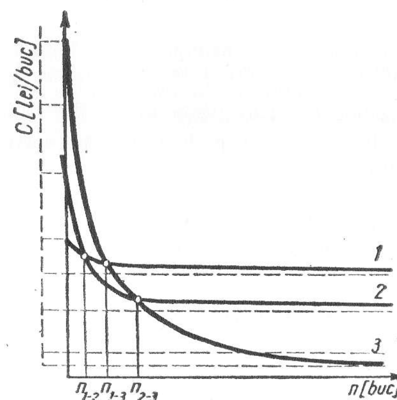


Fig. 19.4. Variația cheltuielilor pe unitate de produs în cazul celor trei variante considerate

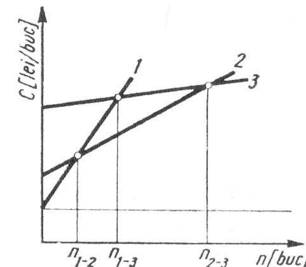


Fig. 19.5. Variația cheltuielilor pe lot în cazul celor trei variante considerate

piese, prelucrarea este mai economică la strungu automat. Din relațiile de mai sus se pot obține valorile pentru n_{12}, respectiv n_{23}:

$$n_{12} = \frac{C_{ind\,2} - C_{ind\,1}}{C_{d1} - C_{d2}}; \qquad n_{23} = \frac{C_{ind\,3} - C_{ind\,2}}{C_{d2} - C_{d3}}$$

Dacă se folosește relația (19.25) rezultă (fig. 19.5):

$$C_{prel\,s1} = nC_{d1} + C_{ind\,1}$$
$$C_{prel\,s2} = nC_{d2} + C_{ind\,2}$$
$$C_{prel\,s3} = nC_{d3} + C_{ind\,3}$$

Se observă că se poate stabili care este numărul de piese dintr-o serie pentru care se obţine prelucrarea cea mai economică.

Scriind relaţia (19.22) pentru două variante şi punînd condiţia ca pentru un număr n_k piese din serie să avem aceleaşi cheltuieli pentru ambele variante, se obţine:

$$K_{pi1}\frac{t_{pi1}}{n_k}+(K_{ef1}+K_{m1})\,t_{ef1}+K_{ds1}\frac{V_{ds1}}{n_{an}}+K_{sc1}\frac{V_{sc1}}{n_{t1}}=$$

$$=K_{pi2}\frac{t_{pi2}}{n_K}+(K_{ef2}+K_{m2})t_{ef2}+K_{ds2}\frac{V_{ds2}}{n_{an}}+K_{sc2}\frac{V_{sc2}}{n_{t2}}$$

de unde rezultă:

$$n_k=\frac{K_{pi2}t_{pi2}-K_{pi1}t_{pi1}}{(K_{ef1}+K_{m1})t_{ef1}-(K_{ef2}+K_{m2})t_{ef2}+\frac{K_{ds}}{n_{an}}(V_{ds1}-V_{ds2})+K_{sc}\left(\frac{V_{sc1}}{n_{t1}}-\frac{V_{sc2}}{n_{t2}}\right)}\tag{19.26}$$

S-a admis: $K_{ds1}=K_{ds2}$ şi $K_{sc1}=K_{sc2}$, ceea ce practic se întîmplă de cele mai multe ori.

Din relaţie se deduce că dacă numărul de piese din serie este mai mic ca n_k, atunci este mai economică a doua variantă.

În mod similar se pot face calculele pentru mai multe variante.

Dacă se ţine seama numai de cheltuielile directe cu prelucrarea, fără costul dispozitivelor şi al sculelor, relaţia va fi mai simplă:

$$n_k=\frac{K_{pi2}t_{pi2}-K_{pi1}t_{pi1}}{(K_{ef1}+K_{m1})t_{ef1}-(K_{ef2}+K_{m2})t_{ef2}}\tag{19.27}$$

19.3. DETERMINAREA LOTURILOR OPTIME DE PRELUCRARE

S-a observat în cele de mai sus că avînd un număr mai mare de piese în serie, costul prelucrării scade. Prin creşterea mărimii seriei se pot folosi procedee tehnologice de mare productivitate. Dar, prin această creştere, prelucrarea executîndu-se în loturi de piese, apar alte elemente, care influenţează din punct de vedere economic ciclul de fabricaţie.

Prin creşterea numărului de piese în lot cresc fondurile de investiţii, ciclul de fabricaţie va fi mai lung, semifabricatele vor aştepta timp îndelungat, fondul de rulment va creşte. Se pune deci problema de a găsi cît de mare poate să fie numărul de piese în lot, pentru ca luînd în considerare avantajele şi dezavantajele, prelucrarea să fie economică.

Pentru determinarea mărimii optime a unui lot de piese se poate face următorul raţionament: se exprimă cheltuielile pe unitatea de produs, considerînd un lot de n piese, sub forma:

$$C_n=C_{mat}+\frac{\Sigma K_{pi}t_{pi}}{n}+\Sigma(K_{efi}+K_{mi})t_{efi}\tag{19.28}$$

Se consideră că numărul de piese în lot creşte cu Δn; atunci:

$$C_{n+\Delta n}=C_{mat}+\frac{\Sigma K_{pi}t_{pi}}{n+\Delta n}+\Sigma(K_{efi}+K_{mi})t_{efi}\tag{19.29}$$

Făcînd diferenţa se obţine:

$$C_n-C_{n+\Delta n}=\Sigma K_{pi}t_{pi}\left(\frac{1}{n}-\frac{1}{n+\Delta n}\right)$$

Dacă într-un an se produc n_{an} bucăţi, atunci economia realizată prin creşterea numărului de piese în lot va fi:

$$E_{an}=n_{an}\,\Sigma K_{pi}t_{pi}\left(\frac{1}{n}-\frac{1}{n+\Delta n}\right)\tag{19.30}$$

Se consideră că prin creşterea numărului de piese în lot se produc pierderi din cauzele amintite. Se poate scrie aceasta sub forma

$$P_s=pTF_c$$

în care F_c este fondul de circulaţie, lei;
T — timpul de imobilizare, zile (ore);
p — un coeficient de proporţionalitate.

Pentru lotul de n piese, cheltuielile vor fi:

$$P_{s(n)}=pT_n\left[nC_{mat}+\Sigma K_{pi}t_{pi}+\frac{n\Sigma\,(K_{efi}+K_{mi})\,t_{efi}}{2}\right]\tag{19.31}$$

Ultimul termen reprezintă cheltuielile medii pe perioada respectivă.

La creşterea lotului cu Δn va creşte şi timpul de imobilizare, deci pierderile se pot scrie:

$$P_{s(n+\Delta n)}=pT_{(n+\Delta n)}\left[(n+\Delta n)C_{mat}+\Sigma K_{pi}t_{pi}+\frac{(n+\Delta n)\,\Sigma(K_{efi}+K_{mi})t_{efi}}{2}\right]\tag{19.32}$$

sau notîndu-se:

$$\Sigma K_{pi}t_{pi}=a \quad \text{şi} \quad \Sigma C_{mat}+\frac{1}{2}(K_{efi}+K_{mi})\,t_{efi}=b$$

relaţiile devin:

$$P_{s(n)}=p(a+bn)\,T_n \quad \text{şi} \quad P_{s(n+\Delta n)}=p[a+b(n+\Delta n)]\,T_{(n+\Delta n)}.$$

Numărul de loturi pe an, dacă numărul total de piese este de n_{an}, va fi:

$$S_n=\frac{n_{an}}{n} \quad \text{sau} \quad S_{n+\Delta n}=\frac{n_{an}}{n+\Delta n}.$$

Timpul necesar pentru un lot va fi

$$T_n=\frac{n}{n_{an}} \quad \text{şi} \quad T_{n+\Delta n}=\frac{n+\Delta n}{n_{an}}.$$

Înlocuind valoarea timpului în relațiile care dau pierderile, se obține:

$$P_{an(n)} = \frac{n_{an}}{n}\, p(a + bn)\, \frac{n}{n_{an}} = p(a + bn) \text{ și}$$

$$P_{an(n+\Delta n)} = \frac{n_{an}}{n + \Delta_n}\, p[a + b(n + \Delta n)]\, \frac{n + \Delta n}{n_{an}} = p[a + b(n + \Delta n)].$$

Prin creșterea numărului de piese în lot, pierderile pe an vor fi:

$$P_{an} = P_{an(n+\Delta n)} - P_{an(n)} = pb\Delta n. \tag{19.33}$$

Înlocuind valoarea lui b, se obține:

$$P_{an} = p\Delta_n \left[C_{mat} + \frac{1}{2} \Sigma(K_{efi} + K_{mi}) t_{efi} \right].$$

Se pune condiția $P_{an} < E_{an}$, ca pierderile să fie mai mici ca economiile sau:

$$n_{an} \Sigma K_{pi} t_{pi} \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n + \Delta n} \right) \geqslant p\Delta n \left[C_{mat} + \frac{1}{2} \Sigma(K_{efi} + K_{mi})\, t_{efi} \right]. \tag{19.34}$$

Aducînd la același numitor și aranjînd termenii care conțin pe n și Δn, se poate scrie:

$$\lim_{\Delta n \to 0} \frac{n_{an}}{(n + \Delta n) n} \Sigma K_{pi} t_{pi} \geqslant p \left[C_{mat} + \frac{1}{2} \Sigma(K_{efi} + K_{mi})\, t_{efi} \right]$$

de unde se obține numărul optim de piese din lot:

$$n_{ec} \leqslant \sqrt{\frac{n_{an} K_{pi} t_{pi}}{p \left[C_{mat} + \frac{1}{2} \Sigma(K_{efi} + K_{mi})\, t_{efi} \right]}} \tag{19.35}$$

p are valorile cuprinse între 0,1 și 0,6, în funcție de cheltuielile cu stocarea.

Dacă sînt necesare scule și dispozitive speciale, atunci în relație se va cuprinde și costul acestora.

Pentru un calcul mai rapid, în ipoteza că se cunosc cheltuielile provocate de stocarea pieselor, cheltuielile pe an sînt date de relația

$$C_{an} = \frac{n}{2} C_{st} + \frac{n_{an}}{n} t_{pi} K_{pi} \tag{19.36}$$

în care: n este numărul pieselor în lot;
n_{an} — numărul de piese pe an;
C_{st} — cheltuieli de stocare.

Derivînd în funcție de n se obține

$$\frac{dC_{an}}{dn} = \frac{C_{st}}{2} - \frac{n_{an}}{n^2} t_{pi} K_{pi}$$

și egalînd cu zero rezultă

$$n = \sqrt{\frac{2 n_{an} K_{pi} t_{pi}}{C_{st}}} \tag{19.37}$$

În tabelul 19.2 se dau relațiile de calcul pentru diferite cazuri practice.

Tabelul 19.2

Relații de calcul pentru determinarea lotului optim în diferite cazuri practice

Relația de calcul	Observații
$n = k \frac{C_p Pl}{C_{ind} p}$	n — lotul optim; C_p — cheltuielile cu pregătirea; Pl — produse consumate lunar; p — pierderi cu imobilizarea; C_{ind} — cheltuieli care nu depind de mărimea lotului de piese; k — coeficient dependent de variația lui Pl; pentru Pl = constant, $k = 2$
$n = \sqrt{\frac{2C_p P_z}{C_{im}\left(1 - \frac{P_z}{P}\right)}}$	Relația se folosește cînd necesarul producției pe zi nu este același cu producția realizată: C_p — cheltuieli cu pregătirea pe lot; P_z — Consum produs pe zi; C_{im} — cheltuieli cu imobilizarea pe zi; P — producția în bucăți pe zi
$n = \sqrt{\frac{2 P_p C_e}{C_p C_f}}$	Relația se poate folosi pentru perioade scurte de prelucrare și relativ lungi de consum: P_p — producția prevăzută; C_e — cheltuieli cu pregătirea; C_p — cheltuieli cu producția (preț de cost pe bucată); C_f — cheltuieli cu stocarea; (10...30% la consum constant)
$n = \frac{S_r P_r}{\left(C_{ind} + \frac{C_1}{2}\right) E}$	Relația se poate folosi pentru producția la care numărul de operații este foarte mare avînd un ciclu de fabricație lung: S_r — salariul reglorilor; P_r — programul de producție pe un strung automat în bucăți pe an; C_{ind} — cheltuieli independente de mărimea lotului; C_p — prețul de cost; E — pierderi pe un an la un leu mijloace circulante
$n = \frac{2 S_r P_r}{C_p E}$	Relația se poate folosi pentru cicluri de fabricație scurte
$n = \frac{T_{pi}}{t k_d}$	t_{pi} — timpul de pregătire și încheere; t — timp util mașină; k_d — coeficient (se admite 0,06)

19.4. DETERMINAREA RENTABILITĂŢII ÎNLOCUIRII MAŞINILOR-UNELTE VECHI CU ALTELE NOI

La stabilirea proceselor tehnologice ce urmează a fi aplicate se pune frecvent problema înlocuirii maşinilor-unelte existente şi folosirea unor maşini-unelte de mai bună productivitate.

În mod obişnuit, maşinile-unelte universale se pot folosi la prelucrarea diferitelor piese, deci se poate planifica în aşa fel încît să aibă un coeficient de utilizare bun. În ceea ce priveşte însă maşinile speciale, acestea se pot folosi numai pentru anumite operaţii, deci se pune problema unui calcul economic comparativ, din care să reiasă că, prin creşterea productivităţii, se obţin economii care să acopere cheltuielile de procurare a maşinilor noi.

Deoarece cheltuielile de prelucrare pe unitatea de produs depind de mărimea seriei de fabricaţie, se poate stabili prin calcul pentru ce mărime de serie este avantajos a se procura o maşină-unealtă mai scumpă, dar de productivitate mai mare.

De asemenea se pot calcula şi anii în care cheltuielile în plus cu maşina-unealtă nouă urmează să fie amortizate. Pentru aceste calcule trebuie să se ia în considerare toate cheltuielile care se fac prin instalarea noii maşini şi echiparea cu dispozitive, scule etc.

Se presupune că atît la maşinile vechi cît şi la cele noi se vor folosi numai scule şi dispozitive uzuale. Cheltuielile ce se fac prin cumpărarea şi instalarea maşinilor noi se pot exprima sub forma:

$$C_{mn} = C_{m2}\left(1 + \frac{R_2}{100}\right) + C_{2\,inst} + C_{1\,dem} - C_{1r} \tag{19.38}$$

în care: C_{m2} este costul maşinii-unelte noi;
$C_{2\,inst}$ — costul instalării maşinii-unelte noi;
$C_{1\,dem}$ — costul demontării maşinii-unelte vechi;
C_{1r} — valoarea care se recuperează din maşina-unealtă veche;
R_2 — cheltuielile de întreţinere şi exploatare a maşinii-unelte noi.

Creşterea productivităţii muncii prin introducerea maşinii-unelte noi se poate exprima prin relaţia:

$$P = n_{an}\left[\left(\frac{K_{pi1}\,t_{pi1}}{n_1} + K_{ef1}\,t_{ef1}\right) - \left(\frac{K_{pi2}\,t_{pi2}}{n_2} + K_{ef2}t_{ef2}\right)\right] \tag{19.39}$$

Făcînd raportul între cheltuielile pentru instalarea maşinii-unelte noi şi creşterea productivităţii, se obţine timpul de amortizare:

$$a_{m2} = \frac{C_{m2}\left(1 + \frac{R_2}{100}\right) + C_{2\,inst} + C_{1\,dem} - C_{1r}}{n_{an}\left[\left(K_{pi1}\,\frac{t_{pi1}}{n_1} + K_{ef1}\,t_{ef1}\right) - \left(K_{pi2}\,\frac{t_{pi2}}{n_2} + K_{ef2}\,t_{ef2}\right)\right]}. \tag{19.40}$$

Valorile lui K_{ef1} şi t_{ef1} sînt cunoscute, iar pentru K_{ef2} şi t_{ef2} se iau valorile prin asimilare, în aşa fel încît ele să corespundă noilor maşini-unelte.

La introducerea maşinilor noi, în general. se iau în considerare maşinile de mare productivitate Pentru rentabilitate trebuie să se ţină seama şi de coeficientul de utilizare.

Scriind condiţia de economicitate fără termenul t_{pi}

$$E_{cmn} = \frac{t_{efv}}{\eta_{iv}}\,(K_{mv} + K_{efv}) - \frac{t_{efn}}{\eta_{in}}\,(K_{mn} + K_{efn}). \tag{19.41}$$

Dar încărcarea reală poate diferi; atunci:

$$E_{cmnr} = \frac{t_{efV}}{\eta_{iv}}\left(\frac{K_{mv}}{\eta_{ivr}} + K_{efv}\right) - \frac{t_{efn}}{\eta_{in}}\left(\frac{K_{mn}}{\eta_{inr}} + K_{efn}\right) \tag{19.42}$$

în care: t_{efv}, t_{efn} exprimă timpul de lucru efectiv a maşinilor-unelte vechi, respectiv noi; K_{ev} şi K_{en}, respectiv K_{mv} şi K_{mn} reprezintă coeficienţii cheltuielilor proporţionale cu timpul efectiv de lucru, pentru maşinile-unelte vechi, respectiv noi; η_{in} şi η_{iv} — coeficienţii de utilizare planificaţi pentru maşinile-unelte vechi şi noi; η_{inr} şi η_{ivr} — coeficienţii reali de folosire a maşinilor-unelte vechi, respectiv noi.

Din această relaţie se poate scoate coeficientul minim de utilizare, pentru care rentează introducerea maşinilor noi. Punînd condiţia ca: $E_{cmn} = 0$, se obţine:

$$\eta_{min} = \frac{t_{efn}\,K_{mn}}{\eta_{in}\left[\frac{t_{efv}}{\eta_{iv}}\left(\frac{K_{mv}}{\eta_{ivr}} + K_{efv}\right) - \frac{t_{efn}}{\eta_{in}}\,K_{efn}\right]}. \tag{19.43}$$

Dacă se ţine seama şi de timpii de pregătire, atunci relaţia pentru E_{cmn} are forma:

$$E_{cmn} = \frac{1}{\eta_{iv}}\left[\left(t_{efv} + \frac{t_{piv}}{n}\right)\left(\frac{K_{mv}}{\eta_{ivr}} + K_{efv}\right)\right] - \frac{1}{\eta_{in}}\left[\left(t_{efn} + \frac{t_{pin}}{n}\right)\left(\frac{K_{mn}}{\eta_{inr}} + K_{efn}\right)\right]. \tag{19.44}$$

Relaţia este valabilă dacă pe maşini se prelucrează aceeaşi piesă. Seria minimă va fi dată de relaţia de mai sus, în condiţia $E_{cmn} = 0$

$$n_{min} = \frac{\frac{t_{pin}}{\eta_{in}}\left(\frac{K_{mn}}{\eta_{inr}} + K_{efn}\right) - \frac{t_{piv}}{\eta_{iv}}\left(\frac{K_{mv}}{\eta_{ivr}} + K_{efv}\right)}{\frac{t_{efv}}{\eta_{iv}}\left(\frac{K_{mv}}{\eta_{ivr}} + K_{efv}\right) - \frac{t_{efn}}{\eta_{in}}\left(\frac{K_{mn}}{\eta_{inr}} + K_{efn}\right)}. \tag{19.45}$$

Dacă însă pe maşină se lucrează mai multe tipuri de piese, se poate repeta calculul pentru fiecare categorie de piesă. Se mai poate face calculul, dacă se cunoaşte raportul între cantităţile diferitelor piese.

Să presupunem că raportul este: $m_1, m_2, m_3, \ldots, m_n$

Introducînd o mărime minimă ca serie unitară x, mărimile seriilor vor fi: $n_1 = m_1 x$, $n_2 = m_2 x$, $n_n = m_n x$. Înlocuind în relația de mai înainte, se obține:

$$x = \frac{\frac{1}{\eta_{in}}\left(\frac{K_{mn}}{\eta_{inr}} + K_{efn}\right)\left(\frac{t_{pin1}}{m_1} + \ldots + \frac{t_{pinn}}{m_n}\right) - \frac{1}{\eta_{iv}}\left(\frac{K_{mv}}{\eta_{ivr}} + K_{efv}\right)\left(\frac{t_{piv1}}{m_1} + \ldots + \frac{t_{pivn}}{m_n}\right)}{\frac{1}{\eta_{iv}}\left(\frac{K_{mv}}{\eta_{ivr}} + K_{efv}\right)(t_{efv1} + \ldots + t_{efvn}) - \frac{1}{\eta_{in}}\left(\frac{K_{mn}}{\eta_{inr}} + K_{efn}\right)(t_{efn1} + \ldots + t_{efnn})} \quad (19.46)$$

Cunoscînd pe x se pot determina seriile de piese economice.

19.5. PRODUCTIVITATEA MUNCII

19.5.1. FACTORII CARE DETERMINĂ CREȘTEREA PRODUCTIVITĂȚII MUNCII

Creșterea continuă a productivității muncii ca necesitate obiectivă pentru creșterea volumului producției și pentru reducerea prețului de cost al produselor fabricate, se poate realiza plecînd chiar de la proiectarea mașinilor și continuînd cu stabilirea tehnologiei de prelucrare și organizarea desfășurării procesului tehnologic de fabricație.

În ceea ce privește proiectarea, în vederea folosirii unui volum redus de muncă și de material trebuie ca formele constructive adoptate să satisfacă condițiile de tehnologicitate constructivă. Principalele condiții sînt:

— alegerea formei optime pentru piesă, cu număr redus de suprafețe care să fie prelucrate;

— alegerea semifabricatelor care să prezinte un adaos mic de prelucrare cu posibilități de folosire a celor mai perfecționate procedee tehnologice;

— să se asigure o unificare a pieselor, subansamblelor, a suprafețelor și a altor elemente constructive, ca filete, module pentru roți dințate, canale de pană etc.

— să se asigure o greutate minimă prin determinarea corectă a formelor constructive și folosirea materialelor de rezistență mare.

Problema alegerii formei constructive este deosebit de importantă pentru caracterizarea tehnologicității unei piese de mașini. În tabelul 19.3 sînt date unele exemple de alegere corectă și incorectă a formei constructive.

În ceea ce privește alegerea procesului tehnologic, prin analiza mai multor variante se alege varianta optimă din punct de vedere tehnic și economic. În acest fel se asigură și o creștere a productivității muncii.

Un factor deosebit de important pentru realizarea unei înalte productivități este organizarea științifică a desfășurării procesului de producție.

Se amintesc unele principii care trebuie să stea la baza studiului organizării procesului de producție:

— asigurarea desfășurării producției după grafic, studierea drumului critic ș.a.:

— asigurarea aprovizionării cu materiale; asigurarea deservirii locului de muncă;

— organizarea procesului tehnologic în flux;

— încărcarea uniformă a schimburilor și a utilajelor:

— ridicarea calificării cadrelor și folosirea acestora în concordanță cu pregătirea și capacitatea de lucru.

Din punct de vedere al procesului tehnologic de prelucrare pe mașini-unelte, creșterea productivității este determinată de creșterea capacității de prelucrare.

Tabelul 19.3

Exemple de alegere a formei constructive

Caracterul piesei sau suprafeței	Forma constructivă: Corect	Forma constructivă: Incorect
Arbori	R5, R5, R5, 0,8, 0,8, 0,8, 0,8	R10, R5, 0,8, 0,8, 0,8, 0,8
Alezaje		
Suprafețe plane		
Roți dințate		

19.5.2. FACTORII CARE DETERMINĂ CREŞTEREA CAPACITĂŢII DE PRELUCRARE PE MAŞINI-UNELTE

Creşterea capacităţii de prelucrare pe maşini-unelte se poate realiza acţionîndu-se asupra mai multor factori; o categorie se referă la tehnologia de elaborare a semifabricatului, a doua categorie la procesul de prelucrare.

Din analiza semifabricatelor de prelucrat se poate constata dacă procesul tehnologic folosit este cel mai corespunzător din punct de vedere tehnic şi economic. Pentru reducerea timpului de prelucrare trebuie ca adaosul de prelucrare să fie minim. Aplicarea procedeelor înaintate care pot asigura această cerinţă va fi determinată de caracterul producţiei şi de caracteristicile constructive pe baza studiului posibilităţilor de aplicare a unor variante tehnologice pentru elaborarea semifabricatelor.

Dintre factorii care se referă la procesul de prelucrare pe maşini-unelte, aceştia trebuie să conducă, pentru creşterea capacităţii de producţie, la reducerea componentelor timpilor de prelucrare. Acest deziderat se poate realiza, fie prin folosirea maşinilor-unelte de mare capacitate productivă, fie prin măsurile care se pot lua pentru creşterea acestei capacităţi la aceeaşi grupă de maşini (respectiv de reducere a timpului total de prelucrare). În vederea realizării unei reduceri a timpului de prelucrare pentru o serie de piese se va face studiul analitic al procesului tehnologic începînd cu analiza seriei fabricatelor şi pînă la ultima operaţie de control dimensional şi calitativ.

O reducere însemnată a timpului de prelucrare se poate realiza prin stabilirea unui regim de prelucrare optim, prin folosirea metodelor înaintate de lucru, prelucrarea simultană, mecanizarea şi automatizarea operaţiilor de prelucrare şi control, deservirea mai multor maşini etc.

Stabilirea regimului optim de prelucrare se poate face numai pe baze ştiinţifice. Astfel se va alege adîncimea de aşchiere pe baza adaosului de prelucrare, a preciziei şi a rigidităţii sistemului, avansul de lucru pe baza condiţiilor de calitate a suprafeţei, iar viteza pe baza caracteristicilor materialului, a maşinii-unelte şi a sculei. În mod normal pentru aplicarea acestor cerinţe trebuie pregătite semifabricatele, privind uniformitatea adaosului de prelucrare, a durităţii materialului etc.

19.5.3. POSIBILITĂŢI DE REDUCERE A TIMPULUI DE PRELUCRARE

19.5.3.1. Reducerea timpului de pregătire-încheiere. O bună parte a timpului de pregătire se consumă pentru reglarea lanţului de dimensiuni, în care se include piesa de prelucrat.

Timpul de pregătire-încheiere se poate reduce dacă:
- documentaţia tehnologică este pregătită şi predată muncitorilor din timp;
- se face din timp instruirea muncitorului asupra procesului tehnologic de prelucrare, explicarea documentaţiei tehnice şi tehnologice;
- se măreşte numărul de piese din lot; în acest fel, se reduce numărul de reglări ale lanţului de dimensiuni al maşinii-unelte;
- se pregătesc semifabricatele din timp; se face sortarea lor pe grupe, cu durităţi şi adaosuri apropiate etc.;
- se face la timp pregătirea şi predarea SDV-urilor, astfel ca muncitorul să nu piardă din timpul de lucru;
- se folosesc dispozitive speciale pentru prinderea sculelor;
- se foloseşte bine regula celor şase puncte, pentru a se asigura precizia de aşezare şi prelucrare.

19.5.3.2. REDUCEREA TIMPULUI DE BAZĂ. Pentru reducerea timpului de bază, ca primă măsură care trebuie să se ia este reducerea la minimum a adaosului de prelucrare. Pe baza proprietăţilor metalului şi caracteristicilor de prelucrare se va alege regimul de aşchiere optim. În această privinţă, o deosebită importanţă o au parametrii părţii aşchietoare a sculelor. Aceştia influenţează timpul de prelucrare, durabilitatea sculelor şi gradul de netezime al suprafeţelor prelucrate. Folosirea aşchierii rapide la toate tipurile de maşini, prelucrarea cu avansuri mari, folosirea cuţitelor cu plăcuţe din carburi metalice sau mineraloceramice dau posibilitatea reducerii simţitoare a timpului de maşină.

Prin folosirea regimurilor intensive de aşchiere, paralel cu introducerea metodelor avansate de prelucrare mecanică, se obţine reducerea timpului de maşină.

Folosirea metodelor de lucru cu operaţii concentrate contribuie de asemenea la reducerea timpului de maşină.

Pe lîngă măsurile amintite şi altele care se mai pot lua, trebuie să se ţină seama şi de faptul că la reducerea timpului de lucru contribuie şi alţi factori. Astfel, de cele mai multe ori, în procesul de aşchiere, pe lîngă curse active au loc şi curse în gol. Se recomandă ca procesul de prelucrare să se stabilească astfel încît cursele în gol — dacă nu se pot elimina complet — să fie minime. Aceasta se poate realiza, de exemplu, prin micşorarea distanţelor între sculele care lucrează succesiv la strungurile revolver, semiautomate, carusel, raboteze etc., prin folosirea de scule combinate, cuţite profilate ş.a., prin sortarea semifabricatelor în grupe, în aşa fel încît adaosul de prelucrare să fie cît mai uniform la piesele ce se prelucrează simultan (fig. 19.6).

Uneori se poate folosi pentru prelucrare şi cursa în gol, prin adaptarea unor scule corespunzătoare. Acolo unde nu se poate elimina sau micşora cursa în gol, se va mări viteza acesteia.

Folosirea metodelor de prelucrare în serie, în paralel sau mixt face să se obţină reduceri însemnate ale timpului de ba ă.

La prelucrarea în serie (fig 19.7) prelucrarea se face succesiv. Se reduce în acest fel timpul de apropiere şi de ieşire a sculei, se reduc golurile din cursele active, se reduce timpul de reglare etc.

La prelucrarea în paralel (fig. 19.8) un număr n de piese se prelucrează simultan. Timpul de maşină se reduce de la t_m la $t'_m = t_m/n$.

La folosirea metodei combinate (paralel-succesivă, fig. 19.9) se reunesc avantajele celor două metode.

Fixarea sculelor se poate face pe un singur sau pe mai mulţi arbori (fig. 19.10). În primul caz (fig. 19.10,*a*) precizia este mai bună, mai uşor de obţinut; în cel de-al doilea (fig. 19.10,*b*), avînd mai multe lanţuri de dimensiuni, precizia este influenţată de erorile fiecărui lanţ de dimensiuni.

La operaţiile succesive, timpul de maşină pentru efectuarea tuturor operaţiilor este egal cu suma timpilor necesari pentru fiecare operaţie: $T_s = \sum_{i=1}^{i=k} t_i$ sau, admiţînd un timp mediu t_{med} pentru fiecare operaţie, se poate scrie $T_s = kt_{med}$ în care k este numărul de operaţii elementare.

Dacă se realizează o concentrare a operaţiilor prin folosirea blocurilor cu mai multe cuţite, fiecare executînd m operaţii, timpul de maşină necesar pentru prelucrare va fi

$$T_{c1} = \sum_{i=1}^{i=l} t_i = lt_{med}$$

unde $l = \dfrac{k}{m}$ operaţii concentrate.

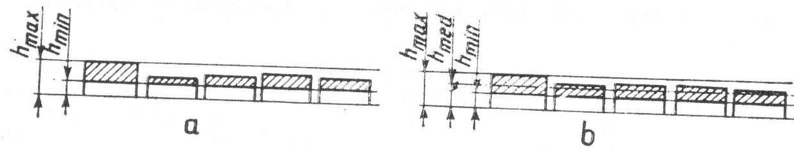


Fig. 19.6. Sortarea pieselor pentru prelucrarea pe mașini de rabotat:
a — necorespunzătoare; *b* — corespunzătoare

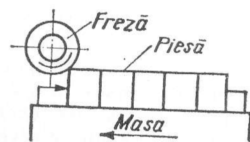


Fig. 19.7. Prelucrarea în serie

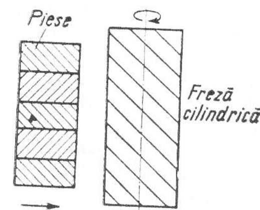


Fig. 19.8. Prelucrarea în paralel

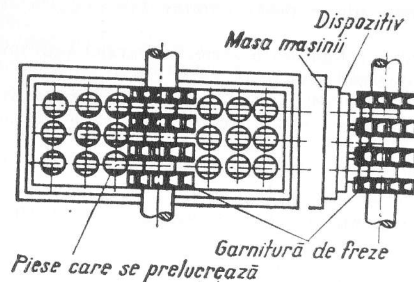


Fig. 19.9. Exemplu de prelucrare prin metoda paralel succesivă

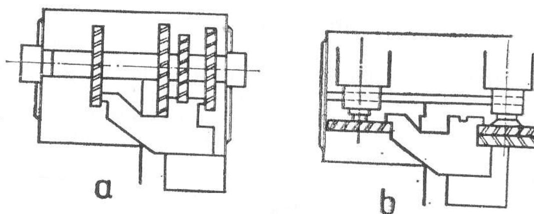


Fig. 19.10. Prelucrarea simultană:
a — scule fixate pe același arbore portsculă; *b* — scule fixate pe arbori portsculă diferiți

Timpul de lucru se micșorează, deci, prin această concentrare de

$$\frac{T_s}{T_{c1}} = \frac{k t_{med}}{\frac{k}{m} t_{med}} = m \text{ ori.}$$

Se poate trage concluzia că prin concentrarea operațiilor de prelucrare mecanică se reduce **durata** de prelucrare, aproximativ de atîtea ori cît scule lucrează concomitent.

Dacă se procedează la o concentrare și a blocurilor de cuțite în mai multe poziții (capete, arbori principali) apare concentrarea de ordinul doi a operațiilor.

Astfel de **concentrări** se întîlnesc la semiautomate cu mai multe poziții și mai mulți arbori, **mașini** de frezat cu tambur și mai multe freze, mașini de găurit, agregate cu două **și** **trei** capete etc.

Dacă se amplasează operațiile concentrate și blocurile de scule l pe un număr n_c de mașini-unelte cu mai multe poziții, atunci fiecare mașină va avea în medie: $m_1 = \frac{l}{n_c}$ operații concentrate.

Numărul de operații la mașini-unelte se reduce în acest caz la $n_c = \frac{l}{m_1}$.

Timpul de lucru va fi

$$T_{c2} = \sum_{i=1}^{i=n_c} t_i = n_c t'_{med} = \frac{l}{m_1} t'_{med} = \frac{k}{m m_1} t'_{med}.$$

Timpul de lucru prin cea de-a doua concentrare se reduce cu

$$\frac{T_s}{T_{c2}} = \frac{k t_{med}}{\frac{k}{m m_1} \cdot t'_{med}} = m m_1 \frac{t_{med}}{t'_{med}} = m m_1 \tau$$

dacă $t_{med} = t'_{med}$, atunci timpul de lucru se reduce de $m m_1$ ori $\left(\text{s-a notat } \tau = \frac{t_{med}}{t'_{med}}\right)$.

Prin reunirea operațiilor cu concentrare de gradul doi se obține concentrarea de gradul trei, adică operațiile care se execută pe mașinile-agregat cu mai multe operații sau cu mai multe capete din liniile automate. Reunind toate mașinile-unelte n_c într-o linie automată, toate operațiile elementare k vor fi executate simultan. Aceasta constituie concentrarea maximă a operațiilor, gradul de concentrare crește de încă n_c ori. Timpul de mașină scade de n_c ori:

$$T_{min} = \frac{T}{n_c} = \frac{k}{m m_1 n_c} t''_{med} = t''_{med} \quad \text{deoarece}: k = m m_1 n_c.$$

La concentrarea maximă a operațiilor, timpul de lucru pe mașina-unealtă pentru prelucrarea unei piese este egal cu timpul de mașină al unei operații elementare, dacă la fiecare poziție se prelucrează o singură piesă.

La aplicarea metodei operațiilor concentrate, uneori crește timpul de pregătire și timpul de reglare, dar aceasta nu influențează timpul unitar.

19.5.3.3. REDUCEREA TIMPULUI AUXILIAR. Timpul auxiliar care intervine la prelucrările mecanice poate atinge uneori valori care să depășească durata timpului de mașină. Durata timpului auxiliar este determinată de procesul de așchiere, de dispozitivele folosite, de metodele de măsurare, de gradul de mecanizare. Pentru reducerea timpului auxiliar se poate acționa fie direct, în sensul micșorării duratei manipulărilor ce compun timpul auxiliar, fie că se face în așa fel încît timpul auxiliar să se suprapună cu timpul de mașină.

Reducerea timpului auxiliar privind timpul necesar pentru fixarea pieselor sau sculelor se poate obține prin standardizarea și raționalizarea dispozitivelor de fixare. Exemple: folosirea unui singur tip de piulițe de mașini sau dispozitive, folosirea de arcuri pentru susținerea elementelor de fixare, folosirea dispozitivelor de strîngere cu excentric, hidraulice, pneumatice; la fel, reducerea numărului de dispozitive de strîngere, folosirea de compensatori mobili în lanțul de dimensiuni, folosirea de compensatori cu bile, din cauciuc, hidraulici sau cu hidroplast. În același sens se impune folosirea dispozitivelor cu rigle gradate sau cu comparatoare, pentru fixarea piesei sau sculelor, ceea ce va contribui la reducerea timpului de fixare și de reglare. Fixarea pentru strîngerea prin metoda coordonatelor reduce timpul auxiliar pînă la de două ori. Folosirea dispozitivelor asigură, pe lîngă reducerea timpului auxiliar, și prelucrarea la o precizie mai mare și de asemenea creșterea productivității muncii. La reducerea timpului auxiliar contribuie, pe lîngă ușurarea muncii, și introducerea mijloacelor de mecanizare pentru așezarea și scoaterea pieselor.

Rezultate bune se obțin prin automatizarea opririlor, prin limitările de curse, mecanizarea deplasării cărucioarelor, a arborilor principali, a dispozitivelor de strunjire etc.

Suprapunerea timpului auxiliar cu timpul de mașină se poate face prin folosirea unor dispozitive de schimb sau cu poziții schimbabile, cu avans de lucru continuu, folosirea dispozitivelor de măsurare în timpul lucrului ș.a.

La folosirea dispozitivelor de schimb, piesele se fixează pe dispozitiv în timpul cît se prelucrează pe un alt dispozitiv. Asemenea dispozitive se pot folosi la semiautomate, strunguri cu mai multe cuțite, mașini de frezat, mașini de găurit, raboteze ș.a. Prin folosirea dispozitivelor de schimb (cu poziții schimbabile, fig. 19.11) se obține o creștere a productivității cu 50 . . . 75%.

19.5.3.4. REDUCEREA TIMPULUI DE DESERVIRE. Timpul de deservire se compune, în bună parte, din timpul necesar pentru reglarea și înlocuirea sculelor, prelucrarea și predarea pieselor, îndepărtarea așchiilor ș.a.

Reducerea acestui timp se poate realiza prin folosirea echipamentului interschimbabil, ca de exemplu suporții pentru scule, schimbarea rapidă a sculelor. Aceasta face ca să se reducă numărul de opriri ale mașinii-unelte pentru înlocuirea sculelor, regimul de așchiere poate fi intensificat, reglorul poate deservi mai multe mașini.

19.5.3.5. REDUCEREA TIMPULUI DE ODIHNĂ. În timpul lucrului, muncitorul este solicitat de factori fizici, fiziologici și psihologici. Organizarea procesului de lucru trebuie să fie în așa fel făcută încît munca să se desfășoare în condiții plăcute, să se reducă eforturile fizice prin mecanizare, să se reducă eforturile fiziologice prin creearea unei atmosfere plăcute, aer curat, nu prea cald sau prea rece, fără zgomote etc.

Se cere deci ca muncitorul să-și desfășoare activitatea în condiții care să-i creeze factori pozitiv emotivi.

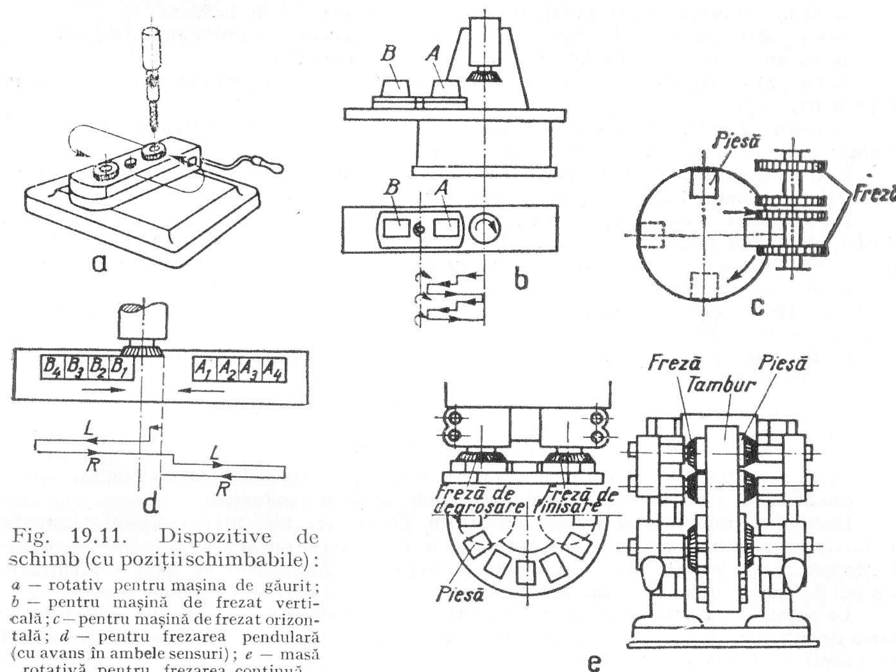


Fig. 19.11. Dispozitive de schimb (cu poziții schimbabile):

a — rotativ pentru mașina de găurit; *b* — pentru mașină de frezat verticală; *c* — pentru mașină de frezat orizontală; *d* — pentru frezarea pendulară (cu avans în ambele sensuri); *e* — masă rotativă pentru frezarea continuă

Dacă munca se desfășoară în atmosferă viciată, zgomot, în condiții de pericol de accidente, muncitorului i se cere o atenție încordată, se enervează; toți acești factori sînt negativ emotivi, care influențează în rău capacitatea de muncă a muncitorului.

19.5.4. **CREȘTEREA PRODUCTIVITĂȚII MUNCII PRIN DESERVIREA MAI MULTOR MAȘINI**

Deservirea mai multor mașini-unelte pare, la prima vedere, a avea influență numai asupra folosirii mai raționale a timpului de manoperă. De fapt însă, pentru a se putea introduce deservirea mai multor mașini-unelte, trebuie luate o serie de măsuri, care în ultima analiză vor duce la o mai bună folosire a timpului de mașină.

Metoda deservirii mai multor mașini-unelte este o metodă care se poate folosi cu rezultate foarte bune și la procesele tehnologice de prelucrare în construcția de mașini. Această posibilitate trebuie să stea în atenția tehnologilor încă de la alegerea proceselor tehnologice. Mașinile care se pretează a fi folosite sînt diferite. Pot fi strunguri la care se prelucrează piese lungi, mașini de frezat, semiautomate cu un arbore, mașini automate ș.a. În principiu se pretează aplicării acestui principiu toate mașinile-unelte la care timpul de mașină este mare și la care se pot adapta dispozitive de oprire automată, de reversare a mișcării etc.

Pentru a se putea aplica metoda deservirii mai multor mașini trebuie să se îndeplinească anumite condiții, între care se amintesc:

— să nu fie necesară supravegherea continuă a procesului de așchiere;
— timpul de mașină să fie mai mare decît timpul de deservire împreună cu cel auxiliar;
— mașina-unealtă să fie folosită la capacitatea maximă;
— timpul de deservire și cel auxiliar să fie astfel încît să permită muncitorului un repaos fiziologic;
— pentru a reduce timpul cu deplasarea muncitorului de la o mașină la alta, acestea trebuie grupate în așa fel ca să permită o ușoară supraveghere;
— trebuie să se asigure alimentarea mașinilor cu semifabricate, scule, reglarea mașinilor la timp, transportul la timp al pieselor prelucrate și al așchiilor.

La stabilirea tehnologiei de prelucrare, operațiile se pot reuni în mai multe feluri. Astfel, ele se pot reuni în paralel, cînd la toate mașinile se lucrează la aceeași operație (producție de masă), se pot reuni operații succesive, cînd la fiecare mașină se efectuează o altă operație sau fază, în ordinea succesivă la aceeași piesă (producție în bandă), precum și reunirea mixtă, cînd se combină diferite operații și chiar diferite feluri de prelucrări (producție de serie).

La aplicarea metodei de deservire a mai multor mașini se va mai ține seama de coeficientul k de încărcare a muncitorului:

$$k = \frac{t_m}{t_{oper}} = \frac{t_m}{t_m + t_M}$$

în care: t_m este timpul manoperei de deservire, min; t_M — timpul de mașină, min.

Coeficientul k se stabilește în funcție de solicitările muncitorului.

Deservirea mai multor mașini automate. Deservirea mai multor mașini automate se poate ușor realiza, deoarece la aceste mașini muncitorul are mai mult rolul de supraveghetor. Mașinile automate sînt mașini scumpe, întrebuințarea lor este costisitoare, timpul de reglare mare, din care motive trebuie ca ele să fie folosite cît mai bine.

La organizarea deservirii mai multor mașini automate trebuie să se studieze posibilitatea deservirii a cît mai multe mașini, fără ca să existe suprapuneri ale timpului de mașină cu timpii de deservire. Stabilirea numărului de mașini care se pot deservi se poate face prin calcul sau prin metoda grafică.

La calculul analitic se pleacă de la următorul raționament: timpul de mașină la prelucrarea unor piese din bare, de exemplu, se poate scrie $T_m = nt_m = n(t_g + t_b)$, în care: n este numărul de piese; t_m — timpul de mașină pe bucată, min; t_b — timpul de bază, min; t_g — timpul de mers în gol min.

Timpul de deservire se poate scrie $T_d = t_{a1} + t_{sc} + t_{ev} + T_{ap}$ în care t_{a1} este timpul de alimentare, min, t_{sc} — timpul de scoatere a piesei prelucrate, min, t_{ev} — timpul necesar pentru evacuarea așchiilor, min, iar T_{ap} — timpul de acoperire, min.

Timpul de deservire a unei mașini, în cazul deservirii simultane a mai multor mașini, în raport cu timpul cît se lucrează la o singură mașină este $T_{duN} = T_{du1}/N$ în care N este numărul de mașini deservite iar T_{du1} — timpul de deservire care revine în cazul lucrului la o singură mașină, min.

Dacă numărul de mașini deservite este mai mare, se poate ajunge în situația ca să nu apară suprapuneri ale timpului de mașină cu timpul de deservire și deci una sau mai multe mașini vor trebui să aștepte, întrerupîndu-se prelucrarea.

Dacă numărul de mașină este mai mic, atunci poate exista timp de deservire disponibil.

Ținînd seama de aceste cazuri, timpul care revine pentru o mașină se poate scrie sub forma

$$T_{duN} = \frac{T_{du1} + T_{ap}}{N}$$

unde s-a notat cu T_{ap} timpul de acoperire sau disponibil.

Dacă se analizează variația relației de mai sus în funcție de numărul de mașini deservite N, o dată cu creșterea acestuia, valoarea timpului pe bucată va descrește pînă la o anumită limită și apoi va începe să crească. Aceasta se explică prin aceea că, prin creșterea numărului de mașini N, scade valoarea timpului de deservire, dar, prin creșterea peste un anumit număr a mașinilor deservite, timpul de acoperire va trebui să fie mare, astfel că va influența timpul pe bucată, mai mult decît influențează creșterea numărului de mașini.

Ținînd seama de acest lucru, relația se poate scrie:

$$T_{duN} = \frac{T_{du1} + T_{ap}}{N} \lesseqgtr T_{du1}.$$

Reprezentînd grafic relația, se obține o curbă asimetrică (fig. 19.12) deoarece scăderea valorii timpului de deservire a mai multor mașini are loc mai lent, decît creșterea lui prin necesarul de majorare a timpului de acoperire.

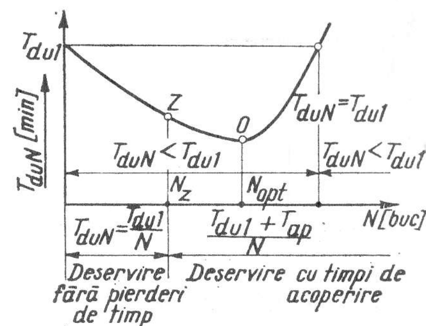


Fig. 19.12. Variația timpului de deservire a mai multor mașini

Calculul numărului de mașini care se pot deservi fără a avea timp de acoperire se poate face din raportul între timpul de mașină și timpul de deservire: $T_m/T_d = N$. Numărul de mașini ce se pot servi va fi $N_d = N + 1$.

Dacă se obține prin împărțire un număr fracționar, se va considera numărul întreg la care se adaogă 1 (exemplu: $T_m/T_d = 3{,}18$ numărul de mașini care se pot deservi va fi de $3 + 1 = 4$).

Dacă deservirea urmează să se facă combinat la mașini automate și mașini universale, calculul este puțin mai dificil. Problema se poate rezolva mai ușor grafic.

Pentru a face un calcul economic, este necesar să se cunoască costul deservirii mai multor mașini, în comparație cu cel al deservirii unei singure mașini; aceasta se poate face scriind cheltuielile de deservire în cele două cazuri. Pentru simplificare se elimină cheltuielile constante care intervin în ambele cazuri.

Cheltuielile pentru deservirea unei mașini se pot scrie sub forma $C_{du} = T_{du1}S + T_{du}R$ în care S este salariul muncitorului care deservește mașina, lei/min, iar R — cheltuielile de regie, lei/min.

Pentru deservirea mai multor mașini se calculează

$$C_{dm} = \frac{T_{du1} + T_{ap}}{N} S + (T_{du1} + T_{ap})R$$

sau se pune condiția

$$T_{du1}S + T_{du1}R \gtreqless \frac{T_{du1} + T_{ap}}{N} S + (T_{du1} + T_{ap})\,R.$$

Reprezentînd grafic această relație, se obține o curbă asemănătoare cu aceea a timpului (fig. 19.13). Luînd un punct corespunzător numărului de mașini N_d, acesta arată deservirea în condiții economice a mai multor mașini. Din grafic se observă că N_0 este numărul optim de mașini care pot fi deservite economic, iar N_e — numărul limită de mașini pînă la care mai este economică deservirea mai multor mașini, peste acest număr fiind mai economică deservirea unei singure mașini.

Se poate observa că există două poziții care dau aceleași cheltuieli pentru deservirea mai multor mașini. Alegerea se poate face deci pentru două cazuri. Orientarea în astfel de împrejurări se face după numărul de muncitori la dispoziție.

Analiza posibilităților de aplicare practică a deservirii mai multor mașini se poate face grafic (fig. 19.14), putîndu-se ușor constata dacă gruparea mașinilor-unelte sau dacă combinarea timpilor de lucru s-a făcut în condiții optime.

Pentru stabilirea condițiilor optime în care se poate aplica deservirea mai multor mașini se poate folosi *teoria șirurilor de așteptare sau programarea liniară*.

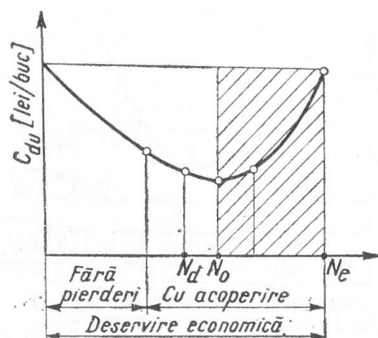


Fig. 19.13. Variația costului deservirii mai multor mașini

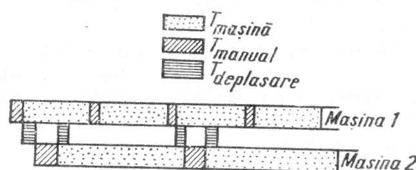


Fig. 19.14. Analiza grafică a deservirii mai multor mașini

BIBLIOGRAFIE (cap. 17—19)

1. ANSEROV, M. A. *Prisposoblenia dlia metalorejușchih stankov.* Moscova, Mașinostroienie, Leningrad., 1964.
2. BALACȘIN, V. S. *Somopodnastraiveinscieska stanki.* Moscova, Mașinostroienie, 1967.
3. BALINT, L. A. *Forgacsölö megmunkäläs tervezëse.* Budapest, Müszaki Könyvkiado, 1958.
4. BARANOV, B. A. *Normarea tehnică în uzinele constructoare de mașini.* București, Editura Tehnică, 1960.
5. BARUN, V. A. și BUDINSKI, A. R. *Stanki i programnîm upravlianiem i program-mirovanie obrabotke.* Moscova, Mașinostroienie, 1965.
6. DUNAEV, P. F. *Lanțuri de dimensiuni.* București, Editura Tehnică, 1958.
7. DUNAEV, P. F. *Razmernîie țepi.* Moscova, Mașghiz, 1963.
8. GOROȘKIN, A. K. *Prisposobleniia dlia metalorejușcih stankov.* Moscova, Mașghiz, 1953.
9. HAIDUC, I. *Economia, organizarea și planificarea întreprinderilor constructoare de mașini.* Lit. I.P.T., 1968.
10. KAMENIȚER, S. ș.a. *Economia, organizarea și planificarea întreprinderilor industriale.* București, Editura Științifică, 1962.
11. KORSAKOV, V. S. *Osnovî konstruirovania prisposoblenii.* Moscova, Mașinostroienie, 1965.
12. KORSAKOV, V. S. *Precizia prelucrării mecanice* București, I.D.T., 1963.
13. KUCER, M. și KUCER, A. M. *Modernizarea și automatizarea mașinilor-unelte.* București, Editura Tehnică, 1960.
14. MANOLIU, R. ș.a. *Mașini agregate și linii automate.* București, Editura Tehnică 1965.
15. MITROFANOV, S. P. *Tehnologia de grup construcția de mașini.* București, Editura Tehnică, 1962.
16. MOLDOVAN, C. ș.a. *Comanda electronică a mașinilor-unelte.* București, Editura Tehnică, 1965.
17. MÜLLER, S. *Technologische Fertigungsvorberarbeitung.* Berlin, V.V.T., 1965.
18. POPOVICI, C. ș.a. *Tehnologia construcției de mașini.* București, E.D.P., 1967.
19. ROTHAUPT, ș.a. *Einfürung in die Productionstechnick.* Berlin, V.T. V.E.B., 1963.
20. SAVII, GH. ș.a. *Considerații despre deservirea mai multor mașini și cumularea de noi profesii.* București, Editura Academiei R.S.R., 1969.
21. SIMON, W. *Die numerische Steuergung von Werkzeugmaschinen.* München, C.H. Verlag, 1963.
22. STĂNESCU, I. și TACHE, V. *Dispozitive pentru mașini-unelte.* București, Editura tehnică, 1969.
23. TAPARIN, I. A. *Mehanizmî tehnologiceskoi osnastki.* Moscova, Mașinostroienie, 1964.
24. VLAD, AL. și GRIGORESCU, H. *Reglarea strungurilor automate.* București, Editura Tehnică, 1965.
25. WILSON, F. W. și HALT, I. M. *Handbook of fixture design.* New-York, 1962.
26. * * * *Avtomatizația profesov mehaniceskoi obrabotki i sborki.* Moscova, Nauka, 1967.
27. * * * *Spravocinik mașinostroitelia.* Moscova, Mașinostroienie, 1964.
28. * * * *Spravocinik tehnologia mașinostroitelia.* Vol. I. Moscova, Mașghiz, 1963.

IV. TEHNOLOGIA ASAMBLĂRII MAȘINILOR

20. PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE ASAMBLARE

20.1 ELEMENTELE COMPONENTE ALE PROCESULUI TEHNOLOGIC DE ASAMBLARE

Comparînd volumul de muncă consumat pentru executarea procesului tehnologic de asamblare cu volumul de muncă necesar procesului de producție a unui produs din industria constructoare de mașini, rezultă că procesul tehnologic de asamblare reprezintă 20...30% din întregul volum de muncă al procesului de producție și 30...65% din cuantumul de muncă al procesului tehnologic de prelucrare la rece [6], [12]. Rezultă prin urmare că, procesul tehnologic de asamblare, prin volumul său considerabil de muncă, influențează în mare măsură formarea prețului de cost al unui produs al industriei constructoare de mașini. În consecință, se impune ca procesele tehnologice de asamblare să se proiecteze cu aceeași grijă și discernămînt ca și procesele tehnologice de prelucrare prin așchiere.

Elementele componente ale procesului tehnologic de asamblare corespund, prin analogie, cu cele ale procesului tehnologic de prelucrare la rece și se definesc în conformitate cu cele indicate în STAS 6909-65. Se va înțelege deci prin operație de asamblare totalitatea intervențiilor muncitorului montator sau a echipei de montatori, asupra produsului în curs de asamblare, la același loc de muncă. Dacă produsul neterminat părăsește locul de muncă, în vederea continuării asamblării la un alt loc de muncă, urmează o altă operație de asamblare. În consecință dacă produsul se asamblează în întregime la același loc de muncă, fără să-l fi părăsit pe întreaga durată a asamblării, este vorba de o singură operație, indiferent dacă a fost executată de către un singur muncitor sau de o echipă, simultan sau într-o anumită succesiune de faze planificată.

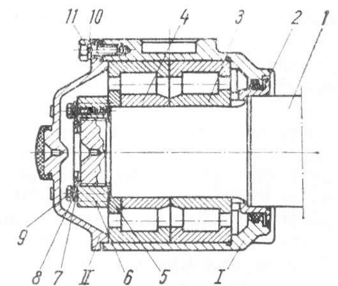


Fig. 20.1. Cutie de unsoare cu rulmenți cu role cilindrice.

În cadrul operației de asamblare se execută un număr oarecare de îmbinări, adică uniri a două piese vecine. Fiecare îmbinare constituie cîte o fază a operației de asamblare. Mișcările manuale sau mecanice necesare aducerii pieselor, sculelor și dispozitivelor la locul de îmbinare, a poziționării acestora și a fixării pieselor la locul prevăzut în ansamblul produsului sînt mînuirile, care constituie de asemenea un element component al operației de asamblare. Desfășurarea operației de asamblare se poate urmări în fig. 20.1 care reprezintă o cutie de unsoare, echipată cu cîte doi rulmenți cu role cilindrice. În secțiunea prin cutia de unsoare, reperele sînt numerotate în ordinea asamblării.

Operaţia de asamblare a trenului de roţi se execută în două aşezări, considerîndu-se că fazele de asamblare de la fiecare capăt al osiei fac parte din cîte o aşezare. Dacă operaţia de asamblare se execută de către o singură echipă de montatori, atunci operaţia se desfăşoară în două aşezări succesive, iar dacă lucrează cîte o echipă la fiecare capăt al osiei, fazele, deşi se desfăşoară simultan, se execută tot în două aşezări. Fiecare îmbinare formează cîte o fază a operaţiei. De exemplu faza de încheiere a fiecărei aşezări este înşurubarea ultimului şurub de fixare a capacului (grupa *II*). Mînuirile din această fază sînt scoaterea şurubului din cutia de depozitare, aşezarea inelului de siguranţă (grower)

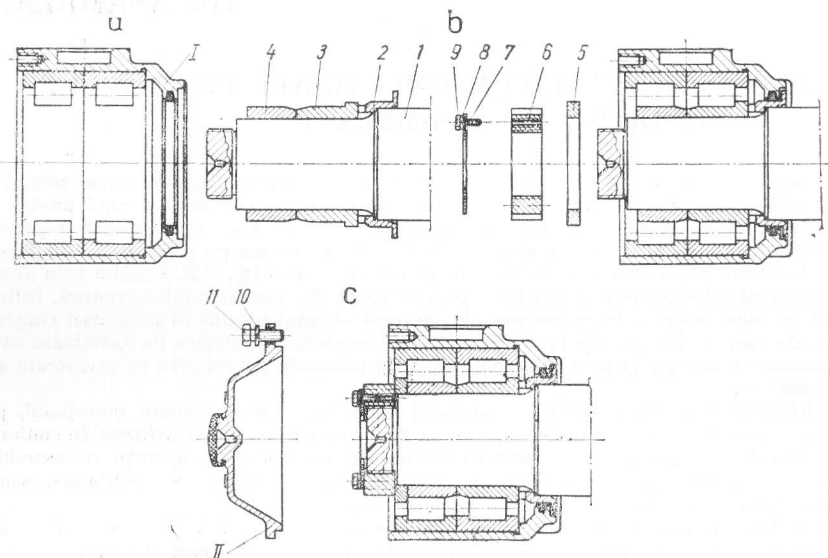


Fig. 20.2. Desfăşurarea fazelor de asamblare a cutiei de unsoare reprezentată în fig. 20.1.

pe şurub, trecerea şurubului prin gaura corespunzătoare a capacului, înşurubarea manuală a primelor spire şi înşurubarea mecanică a şurubului. În fig. 20.2 este reprezentată succesiunea fazelor pentru una din cele două aşezări ale operaţiei. Se observă că grupurile de repere *I* şi *II* se aduc la locul de asamblare generală gata montate, acestea fiind asamblate la un alt loc de muncă.

Calitatea asamblării este determinată de concordanţa dintre condiţiile tehnice prescrise în caietul de sarcini al produsului privind precizia poziţiei reciproce a pieselor şi poziţia reală a pieselor asamblate, constatată prin măsurători. Durata îmbinărilor depinde de alegerea materialului pieselor îmbinate şi de stabilirea corectă a ajustajelor îmbinării [12].

Abaterile de la poziţia prescrisă a organelor asamblate pot fi rezultatul erorilor de prelucrare ale organelor componente, al aşezării necorespunzătoare a unora dintre acestea, sau al stării de dezechilibru a maselor organelor în mişcare.

20.1.1. NOŢIUNI PRIVIND PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE ASAMBLARE

Prin asamblarea mai multor piese, numite în tehnologia asamblării repere, se obţine un grup de repere (fig. 20.2, *I*). În cadrul unui grup complex de repere pot apare grupuri cu număr mai redus de repere. Fiecare dintre acestea constituie cîte un subgrup de repere. Grupul de repere la rîndul său este o parte componentă a unui subansamblu (fig. 20.1), care constituie un mecanism cvasiindependent. Mai multe subansambluri formează un ansamblu, adică un produs complex finit.

Documentul de bază pentru proiectarea proceselor tehnologice de asamblare îl constituie desenul de subansamblu şi desenul de ansamblu. În acestea se reprezintă toate reperele componente, precum şi poziţia lor în cadrul subansamblurilor, respectiv în cadrul ansamblului. Pentru a putea urmări succesiunea logică a desfăşurării fazelor de asamblare, pe baza desenului de subansamblu, respectiv de ansamblu, se întocmeşte schema de asamblare. În fig. 20.3 se arată schema de asamblare a cutiilor de unsoare

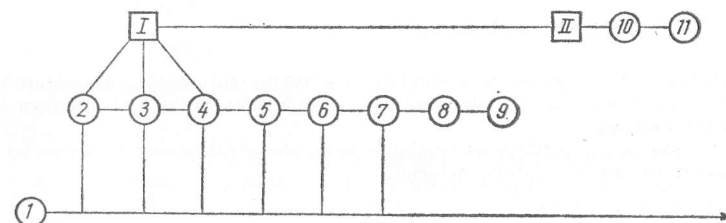


Fig. 20.3. Schema de asamblare a cutiei de unsoare reprezentată în fig. 20.1.

a osiei montate, reprezentată în fig. 20.1. După cum rezultă din fig. 20.1 fiecare cutie de unsoare se compune din cîte 11 repere şi din cîte două subgrupe de repere *I* şi *II*. Reperul de bază, pe care se montează cele două cutii de unsoare, este osia. În schema de asamblare acesta primeşte numărul de succesiune *1*. Numerotarea celorlalte repere se face în succesiunea asamblării arătată în fig. 20.2.

Tehnologul care proiectează procesul tehnologic de asamblare nu va executa, evident, un astfel de desen în realitate. Prin operaţii ale gîndirii însă îşi va imagina desfăşurarea procesului tehnologic de asamblare într-o succesiune similară, logică, prin descompunerea subansamblului sau grupului de repere în felul ilustrat în fig. 20.2. După ce tehnologul şi-a conceput procesul tehnologic mintal, va trece la poziţionarea în schemă a fiecărui reper şi subgrup de repere.

Reperele se notează pe această schemă de asamblare cu cifre arabe, iar grupurile sau subgrupurile cu cifre romane şi se simbolizează cu cercuri, respectiv cu pătrăţele. Dacă vreun subgrup de repere se asamblează la alt loc de muncă, atunci nu se mai trec pe schemă reperele componente ale acestuia, cum este cazul subgrupului I. Pe schema de asamblare reperele sau un subgrup de repere care formează o îmbinare, se leagă între ele cu cîte o dreaptă. În felul acesta schema de asamblare oglindeşte nu numai succesiunea fazelor, dar şi poziţia reciprocă a reperelor, respectiv a subgrupurilor în raport cu reperul de bază. După ce pe baza schemei de asamblare a fost determinat numărul

fazelor de lucru, se stabileşte numărul şi felul sculelor necesare executării fiecărei faze. Se întocmeşte apoi lista de scule cu care va trebui dotat locul de muncă.

Fiecare schemă de asamblare se referă la o singură operaţie, adică numai la fazele şi mînuirile realizate la unul şi acelaşi loc de muncă. În felul acesta, pe baza schemei de asamblare, se poate determina numărul fazelor, numărul şi felul mînuirilor. uşurîndu-se astfel în mare măsură întocmirea planului de operaţii şi normarea operaţiilor.

Etapele principale ale procesului tehnologic de asamblare sînt următoarele: 1-transportul organelor componente ale produsului la locul de muncă; 2-poziţionarea reciprocă a organelor care se îmbină între ele; 3-îmbinarea acestora; 4-fixarea pieselor îmbinate; 5-controlul calităţii îmbinărilor făcute; 6-transportul produsului asamblat de la locul de muncă.

Pentru proiectarea unui proces tehnologic de asamblare este necesară cunoaşterea următoarelor date iniţiale: 1-programul anual de producţie; 2-termenul de livrare planificat al produselor; 3-condiţiile tehnice şi normele de precizie precum şi normele privind rigiditatea produsului, destinaţia acestuia şi eventuale condiţii tehnice deosebite de care va trebui ţinut seama în cursul asamblării.

20.1.2. PROCEDEE DE ASAMBLARE

Se deosebesc două procedee de asamblare: asamblare staţionară şi asamblare mobilă, aceasta din urmă numită şi asamblare în flux. Ambele procedee se pot organiza cu ritm liber şi cu ritm impus.

Prin ritm sau tact se înţelege intervalul de timp planificat în care se obţine un produs finit. Ritmul se obţine cu ajutorul relaţiei:

$$R = \frac{F_n s \cdot \eta_n}{N} \text{ [min]} \tag{20.1}$$

în care: F_n — reprezintă fondul anual nominal de timp pe un schimb, min; s — numărul de schimburi pe zi; η_n — coeficientul de exploatare a fondului nominal de timp; N — producţia anuală planificată în bucăţi de produse, (η_n cuprinde atît coeficientul de folosire a timpului muncitorului cît şi pe cel al maşinilor).

20.1.2.1. ASAMBLAREA STAŢIONARĂ. Se caracterizează prin aceea că, pe durata acesteia produsul nu părăseşte locul de muncă, decît în formă finită. Asamblarea staţionară (întreg procesul tehnologic se desfăşoară la acelaşi loc de muncă) se compune dintr-o singură operaţie, care se execută de obicei de către mai mulţi montatori organizaţi pe echipe.

Asamblarea staţionară este indicată în producţia de unicate sau de serie mică a produselor grele sau cu gabarit mare, pentru asamblarea de prototipuri şi în cazul montării unor produse a căror piesă de bază nu este suficient de rigidă, încît produsul neterminat ar putea suferi deformaţii permanente în cursul deplasării de la un loc de muncă la altul.

Asamblarea staţionară prezintă avantajul că sculele, dispozitivele şi instrumentele de măsură şi control, necesare executării operaţiei, sînt utilaje universale procurabile la termene de livrare scurte.

În producţia de serie a unor produse care se compun din mai multe subansambluri, procesul tehnologic de asamblare se poate organiza cu ritm impus, eliminînd inconvenientele proprii ale asamblării cu ritm liber. În acest caz, operaţia de asamblare concentrată la un singur loc de muncă (fig. 20.4, *a*) va fi diferenţiată, încît procesul tehnologic de asamblare se va desfăşura pe mai multe locuri de muncă (fig. 20.4, *b*). La fiecare

loc de muncă echipa de montatori, specializată pentru una dintre operaţiile diferenţiate, va executa numai această operaţie, după terminarea căreia va trece la locul de muncă următor, cedînd locul unei alte echipe specializată pentru operaţia diferenţiată următoare. În felul acesta, după expirarea duratei ritmului, fiecare echipă va trece la locul de muncă următor. În aceste condiţii, asamblarea poate fi urmărită uşor şi poate fi riguros controlată, iar productivitatea muncii creşte. Desfăşurarea unei asamblări staţionare cu ritm impus se poate urmări în fig. 20.4, *b*.

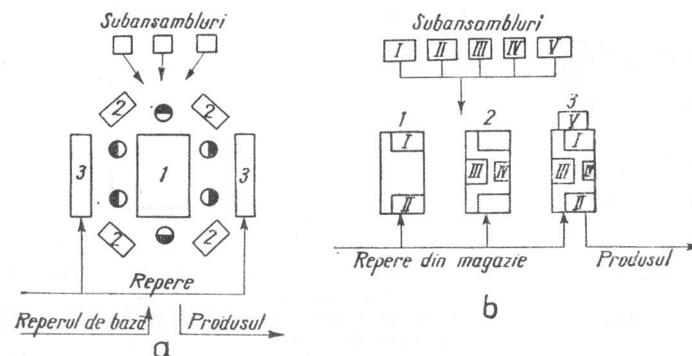


Fig. 20.4. Schema asamblării staţionare:
a — cu ritm liber: *1* — reperul de bază; *2* — raft pentru scule; *3* — raft pentru repere; *b* — cu ritm impus: *I ... V* — subansambluri; *1, 2, 3* — locuri de muncă

20.1.2.2. ASAMBLAREA MOBILĂ. Se recomandă în fabricaţie de serie pentru montarea produselor cu masa mică sau medie (pînă la cca. 500 kg) şi cu gabarit redus.

În cursul asamblării mobile produsul neterminat fiind deplasat de la un loc de muncă la altul, transportul produselor mai grele ar putea crea dificultăţi. În cazul asamblării mobile, procesul tehnologic se descompune în operaţii diferenţiate, la fiecare loc de muncă efectuîndu-se o anumită parte a procesului tehnologic de către un muncitor sau de către o echipă de muncitori, calificaţi pentru executarea lucrărilor planificate pentru un anumit loc de muncă. Organizarea procesului tehnologic al asamblării mobile cere o astfel de diferenţiere a lucrărilor, încît timpii necesari efectuării volumului de muncă planificat pentru fiecare loc de muncă să fie egali sau cît mai apropiaţi între ei. Transportul produselor neterminate de la un loc de muncă la altul în lungul liniei de asamblare va trebui făcut în succesiunea operaţiilor, corespunzător ritmului şi riguros sincronizat. La acest procedeu de asamblare ritmul este impus, folosind în acest scop însăşi instalaţia de transport, sau un dispozitiv acustic pentru semnalizare.

Asamblarea mobilă prezintă avantajul că nu reclamă muncitori de calificare multilaterală, montatorii putînd fi calificaţi chiar şi la locul de muncă. Productivitatea muncii la asamblarea mobilă este ridicată, depăşind pe cea a asamblării staţionare. Deşi din cauza instalaţiilor speciale de transport, necesare deplasării produsului neterminat, spaţiul util este relativ mare, totuşi indicele de productivitate pe unitatea de suprafaţă productivă este mai ridicat decît la asamblarea staţionară, ceea ce înseamnă că la asamblarea mobilă spaţiul este mai bine folosit.

Asamblarea mobilă poate fi cu mişcarea continuă a produsului neterminat pe linia de asamblare sau cu mişcare intermitentă a acestuia.

Asamblarea mobilă cu mişcare continuă este indicată pentru montarea produselor uşoare (pînă la 20 kg) cu gabarit redus, în producţia de serie mare sau în producţia de masă. Îmbinările care trebuie executate la fiecare loc de muncă vor trebui să fie simple, cu mînuiri cît mai puţine, iar timpul necesar efectuării lor va trebui să se încadreze în ritmul liniei. Îmbinările vor fi astfel alese ca precizia lor să nu sufere din cauza transportului în lungul liniei de asamblare. Viteza instalaţiei de transport al produsului neterminat se va calcula cu relaţia:

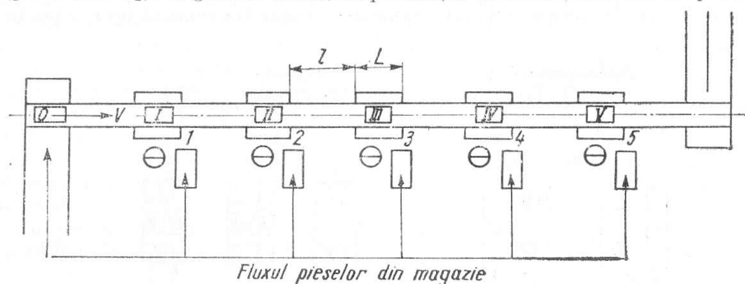


Fig. 20.5. Schema unei linii de asamblare mobilă cu mişcare intermitentă şi ritm impus:
1,.2... — locuri de muncă; O, I, II...IV — produsul neterminat pe bandă; V — post de control

$$v = \frac{L + l}{R}\ [\text{m/min}], \tag{20.2}$$

în care: L este lungimea ocupată de produs pe linie, m; l — distanţa dintre două produse pe linie, m; R — ritmul, min.

Asamblarea cu mişcare intermitentă este potrivită pentru montarea produselor cu masa peste 20 kg cu îmbinări complexe, a căror efectuare necesită număr mare de mînuiri şi un timp îndelungat. Durata întreruperii transportului produsului neterminat necesară executării operaţiei va fi egală cu ritmul. Timpul normat al oricărei operaţii a liniei, împreună cu timpul necesar transportului produsului neterminat va trebui să fie deci apropiat sau egal cu ritmul liniei, pentru ca fiecare loc de muncă să fie încărcat uniform, adică

$$t_N + t_T = R\ [\text{min}], \tag{20.3}$$

în care: t_N este timpul normat al operaţiei, min; t_T — durata transportului de la un loc de muncă la altul, min; R — ritmul, min.

Durata transportului se calculează în funcţie de viteza de deplasare a produselor neterminate aflate pe linie, iar viteza de deplasare se stabileşte în funcţie de masa produsului şi masa părţilor mobile ale instalaţiei de transport, cu luarea în consideraţie a forţelor de inerţie care apar la pornirea şi oprirea instalaţiei.

Schema unei linii de asamblare mobilă cu mişcare intermitentă şi ritm impus se arată în fig. 20.5 iar a unei linii combinate în fig. 20.6.

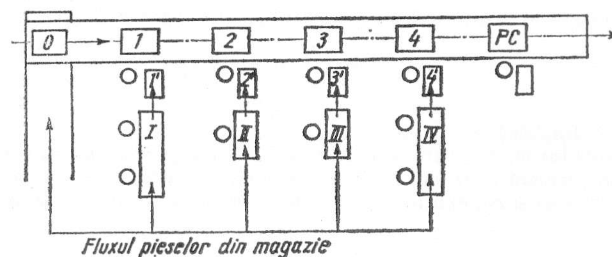


Fig. 20.6. Schema unei asamblări combinate (asamblarea generală mobilă cu mişcare intermitentă şi ritm impus combinată cu asamblarea staţionară a subansamblurilor):
1.2... — produsul neterminat pe bandă; 1'.2'... — locuri de muncă; I.II... — bancuri de muncă pentru subansambluri; PC — post de control

20.1.3. NORMAREA TEHNICĂ A OPERAŢIILOR DE ASAMBLARE

Abstracţie făcînd de normarea tehnică a unor operaţii de ajustare (pilire, răzuire, teşire etc.) şi a unor prelucrări manuale prin aşchiere (burghiere, lărgire, alezare, filetare etc.), pentru normarea tehnică a operaţiilor de asamblare nu s-a stabilit încă un procedeu de calcul analitic pentru timpul de bază, cum este cazul la normarea tehnică a prelucrărilor prin aşchiere. Acest lucru îngreuiază în mare măsură stabilirea obiectivă a timpului normat pentru operaţiile de asamblare.

În practica normării tehnice a operaţiilor de asamblare se folosesc următoarele metode de determinare a timpului normat: 1-prin apreciere; 2-prin observaţii (cronometrare); 3-prin comparare cu operaţii similare. Normarea începe independent de procedeul de normare ales, prin stabilirea numărului de faze şi numărului de mînuiri a operaţiei considerate pe baza schemei de asamblare. După ce au fost analizate fazele şi mînuirile, se va determina durata fiecărui element analizat.

20.1.4. DETERMINAREA NUMĂRULUI LOCURILOR DE MUNCĂ

Numărul locurilor de muncă m necesare pentru realizarea programului anual de producţie N se calculează independent de procedeul de asamblare cu formula:

$$m = \frac{T_N}{F_r}. \tag{20.4}$$

În această formulă F_r reprezintă fondul real de timp, care se determină cu relaţia: $F_r = F_n \eta_n s$, acestea din urmă fiind cunoscute din (20.1), iar T_N — timpul normat pentru executarea programului anual de producţie N rezultă din relaţia:

$$T_N = N t_N. \tag{20.5}$$

Membrul din dreapta al acestei relaţii introdus în (20.4) va da:

$$m = \frac{T_N}{F_r} = \frac{Nt_N}{F_r} = \frac{t_N}{R}, \tag{20.6}$$

R fiind cunoscut din (20.1).

Dacă valoarea lui m, obţinută din (20.6) rezultă fracţionară, se va rotunji la următoarea valoare superioară întreagă, obţinîndu-se numărul adoptat al locurilor de muncă m_a. Raportul dintre m şi m_a exprimă gradul de încărcare a locului de muncă:

$$\eta_i = \frac{m}{m_a}. \tag{20.7}$$

Deoarece $m_a \geqslant m$, gradul de încărcare a locului de muncă η_i va fi în general subunitar.

La asamblarea mobilă, care se compune dintr-un număr de i operaţii diferenţiate, numărul locurilor de muncă m_i se calculează pentru fiecare operaţie în parte

$$m_i = \frac{t_{Ni}}{R}, \tag{20.8}$$

adoptîndu-se în cazul valorilor fracţionare pentru m_i valoarea următoare întreagă. Organizarea asamblării mobile se poate considera corespunzătoare din punct de vedere economic, dacă valoarea gradului de încărcare medie a liniei de asamblare η_m este mai mare sau egală cu 6%, adică:

$$\eta_m = \frac{\sum_{1}^{n=i} \eta_{ii}}{m_a} \geqslant 0{,}6, \tag{20.9}$$

în care η_{ii} reprezintă gradul de încărcare a locului de muncă pentru operaţia i, iar m_a — numărul locurilor de muncă adoptate.

În caz că se aplică asamblarea combinată, în care montarea generală se face prin asamblare staţionară, iar grupurile de repere şi subansamblurile se montează paralel prin asamblare staţionară sau mobilă, se va ţine seama de faptul că se consumă circa 40...50% din volumul total de muncă la asamblarea generală. Notînd cu $t_{N1}, t_{N2} \ldots t_{Nn}$ timpii normaţi pentru asamblarea a k subansambluri, care intră în componenţa celor N bucăţi de produse planificate pe an şi luînd în considerare că 40...50% din timpul normat T_N pentru asamblarea a N produse se consumă la montarea generală, rezultă că va trebui respectată condiţia:

$$t_{Nk} = (0{,}5 \ldots 0{,}6)\, T_N. \tag{20.10}$$

21. ECHILIBRAREA ÎN TEHNOLOGIA ASAMBLĂRII

Lipsa preciziei de asamblare este deosebit de dăunătoare pentru subansamblurile rotoare. Chiar şi în cazul unei asamblări executate cu atenţie, din cauza neomogenităţii materialului pieselor componente, al subansamblurilor rotoare sau din cauza formei constructive a acestora, se poate produce o abatere a poziţiei centrului de greutate în raport cu poziţia teoretică dorită, urmare fiind generarea unor forţe de inerţie în cursul funcţionării, care, uneori, pot depăşi mărimea forţelor cu care s-au făcut calculele.

Ţinînd seama de tendinţa în construcţia de maşini de a mări turaţia rotoarelor, operaţiei de echilibrare va trebui să i se dea o atenţie deosebită.

Mecanismele rotoare apar în construcţia de maşini în formă de disc, în formă de tambur şi ca subansambluri de formă cilindrică complexă. Se va înţelege, în mod convenţional, prin „formă de disc" un rotor cilindric care îndeplineşte condiţia:

$$\frac{l}{d} \leqslant \frac{1}{20}, \tag{21.1}$$

l fiind lungimea, iar d diametrul rotorului. Orice rotor care nu îndeplineşte această condiţie se va considera de „formă cilindrică". Rotoarele de formă cilindrică se vor echilibra dinamic, pentru rotoarele în formă de disc este în general suficientă o echilibrare statică. Totuşi, dacă turaţia discului depăşeşte 3 000 rot/min, respectiv viteza periferică de 30 m/s, se recomandă şi pentru acesta echilibrarea dinamică.

Maşinile de echilibrat de construcţie modernă permit executarea rapidă şi cu mare precizie a echilibrării. Faptul că tehnica permite obţinerea mărimilor fizice doar cu o aproximaţie mai mult sau mai puţin precisă, este caracteristic şi pentru maşinile de echilibrat. Prin echilibrarea unui rotor cu ajutorul unei maşini de echilibrat, nu se va obţine prin urmare o echilibrare perfectă, rotorul prezentînd chiar şi după operaţia de echilibrare efectuată un moment restant dezechilibrator. Forţa centrifugă a cărei mărime depinde în primul rînd de pătratul vitezei unghiulare, respectiv al turaţiei (formula 21.1), este mai puţin indicată pentru exprimarea stării de echilibru masic al unui solid. Maşinile de echilibrat sesizînd forţele dezechilibratoare, se propune drept indice de calitate a echilibrării dezechilibrul restant al piesei, constatat după echilibrarea efectuată [3]. Valoarea acestuia va trebui să se încadreze în limitele toleranţelor admise [8].

Dezechilibrul restant admisibil se determină cu ajutorul indicelui specific al dezechilibrului restant ε. Acesta reprezintă dezechilibrul restant admisibil pentru masa de 1 kg a piesei supuse echilibrării, în μm. Valorile indicelui specific al dezechilibrului restant admisibil ε sînt arătate în tabelul 21.1.

Dezechilibrul restant se stabileşte pe baza celor arătate în tabelul 21.1 de către proiectant şi se va trece pe desenul produsului. În cazul asimilării unui produs nou, sau în cazuri incerte, se recomandă ca, după realizarea prototipului să se verifice în cursul rodării preliminare efectul dezechilibrului restant admis, observînd gradul de funcţionare liniştită a maşinii (v. condiţiile indicate în diagramele din fig. 21.4 şi 21.5).

Tabelul 21.1

Indicii specifici pentru momentul restant admisibil

Clasa de precizie	Scopul funcţional al rotorului	Indicele specific pentru dezechilibrul restant admisibil g mm/kg *
1	Giroscoape cu turaţii mari, arborii şi discurile maşinilor de rectificat fin	0,2...1,0
2	Rotorii motoarelor electrice mici, turbine cu gaz de mărime mică şi mijlocie, suflante cu turaţie mare, mecanismele de acţionare ale maşinilor de rectificat	0,5...2,5
3	Rotorii motoarelor electrice în construcţie rigidă, suflante, turbine, turbogeneratoare	2...10
4	Rotorii motoarelor electrice normale, ventilatoare, organe de maşini rotative, angrenaje cu turaţie mare, arborii cotiţi pentru motoare cu 4 şi peste 4 cilindri	5...25
5	Arbori cardanici, arbori cotiţi pentru motoarele cu 1, 2 şi 3 cilindri, concasoare, maşini textile, maşini agricole, roţi de autoturisme	20...100
6	Roţi de autocamioane, trenuri de roţi pentru căi ferate	80...400

* g, mm/kg, corespunde cu abaterea centrului de greutate al rotorului de la axa sa de rotaţie cu 1/1 000 mm = 1 μm.

Atît pentru echilibrarea statică cît şi pentru cea dinamică au fost concepute maşini de echilibrat de utilizare universală sau construite pentru un anumit scop (de exemplu pentru echilibrarea roţilor de autovehicule).

Maşinile de echilibrat static au construcţia simplă, operaţia de echilibrare statică rezumîndu-se la corectarea abaterilor poziţionale ale centrului de greutate [12].

Maşinile moderne de echilibrat dinamic, deşi sînt de construcţie foarte variată, se compun, în general, din două sisteme de oscilaţii, dintre care unul este format dintr-un cadru elastic pe care se aşază piesa, iar celălalt dintr-un mecanism oscilant cu posibilitatea de reglare a frecvenţei (turaţiei), a fazei şi a momentului dezechilibrator. Cele două sisteme de oscilaţii sînt cuplate între ele. Punîndu-se în acţiune şi menţinînd frecvenţa (turaţia) constantă, dar variind faza şi momentul celui de al doilea sistem, la un moment dat oscilaţiile celor două sisteme vor dispare, ceea ce înseamnă că vibraţiile acestora se află în stare de echilibru. În această situaţie, se determină cu ajutorul celui de al doilea sistem oscilant mărimea momentului dezechilibrator şi defazarea produsă.

Echilibrarea dinamică se face succesiv pentru cele două suprafeţe limitrofe ale piesei, aşa că dezechilibrul se va stabili separat pentru fiecare latură. Momentul echilibrator, care este de sens contrar momentului dezechilibrator, se realizează cu ajutorul unor greutăţi, aplicate pe faţa laterală corespunzător defazării şi la o anumită distanţă de la axa de rotaţie în aşa fel, ca să se obţină mărimea momentului echilibrator necesar.

Sensibilitatea maşinilor de echilibrat dinamic de construcţie recentă fiind foarte ridicată, cu ajutorul lor se pot obţine, în condiţii economice de lucru, echilibrări cu precizia cerută de indicaţiile din tabelul 21.1.

Dintre procedeele de verificare a preciziei echilibrării aplicate în producţie la maşinile cu indicare indirectă, cel mai răspîndit este procedeul de control al dezechilibrului restant în patru puncte. Procedeul constă în compararea amplitudinii maxime constatate la rotaţia rotorului fără masă de probă şi a amplitudinii vibraţiilor produse aplicînd masa de probă, care se fixează pe una din suprafeţele limitrofe ale rotorului, în patru puncte, dispuse de obicei la 90°, 180°, 270° şi 360° pe aceeaşi circumferinţă (r = const.). Amplitudinile vibraţiilor se măsoară cu vibrometrul maşinii.

Vibraţia care se constată la controlul fără contragreutate este generată de dezechilibrul restant la suprafaţa limitrofă cercetată şi produce în lagăr forţa F_{1A}.

Mărimea forţei F_{1A} se poate calcula cu ajutorul formulei (21.1) şi al fig. 21.1:

$$F_{1A} = C\frac{c}{L} = m\varepsilon\omega^2\frac{c}{L}\,[\text{N}], \qquad (21.2)$$

în care: m este masa rotorului, kg; ε — coeficientul specific dezechilibrului restant admisibil, m; ω — viteza unghiulară a rotaţiei rotorului; c şi L — lungimi, m.

Se poate imagina că forţa F_{1A} este generată de o masă m_0, aplicată pe suprafaţa limitrofă f_1 a rotorului la distanţa r de la axa de rotaţie. În acest caz, valoarea forţei F_{1A} se va obţine cu ajutorul relaţiei:

$$F_{1A} = m_0 r\omega^2\frac{l_1}{L}\,[\text{N}]. \qquad (21.3)$$

Egalînd expresiile (21.2) şi (21.3) şi explicitînd, pentru m_0, se obţine:

$$m_0 = \frac{m\varepsilon}{r}\cdot\frac{c}{l_1}\,[\text{kg}]. \qquad (21.4)$$

Masa m_0 permite verificarea preciziei echilibrării. În producţie masa de probă se ia în general $m_c = 2\,m_0$. Masa de probă m_c se fixează pe rînd (în felul arătat mai înainte pe suprafaţa cercetată a rotorului) şi pentru fiecare punct se măsoară amplitudinea maximă a vibraţiei produse. Aceste valori se trec pe o diagramă în felul arătat în fig. 21.2. Dacă curba trasată prin legarea punctelor obţinute intersectează dreapta, care reprezintă amplitudinea maximă a_0 a vibraţiei produse de dezechilibrul restant, înseamnă că dezechilibrul restant depăşeşte limita admisă. În acest caz, echilibrarea rotorului trebuie făcută din nou, cu o precizie mai mare, pînă ce se va obţine o diagramă conform fig. 21.3, la care curba probei în patru puncte se va găsi deasupra dreptei a_0.

Drept toleranţe pentru rotoare în construcţia de maşini se recomandă folosirea mărimilor indicate în tabelul 21.1, care au dat rezultate satisfăcătoare în exploatare.

Luînd în considerare efectul dăunător al vibraţiilor asupra organelor componente ale ansamblului din care face parte un rotor în dezechilibru şi asupra clădirilor dimprejur, este necesar controlul periodic al stării de funcţionare a acestuia. Acest control constă în măsurarea amplitudinii vibraţiilor în sens vertical şi orizontal. Pentru turbinele de abur şi alternoarele acţionate de acestea, mărimile limită admise pentru amplitudinea vibraţiilor sînt precizate în STAS 6910-64.

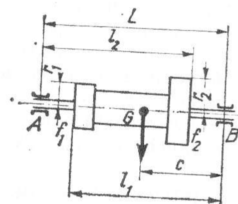


Fig. 21.1. Schema pentru controlul tehnic al calităţii echilibrării

Pentru rotoarele mari în construcţia generală de maşini se pot determina valorile admisibile ale amplitudinilor limită cu ajutorul diagramelor din fig. 21.4. Diagramele sînt construite pe baza observaţiilor din producţie şi se referă la comportarea maşinilor staţionare mari cu fundaţii speciale din beton. Valorile din diagramă sînt valabile pentru amplitudinea maximă în sens vertical şi axial. Pentru amplitudinea maximă în sens orizontal se admit valori pînă la 100% mai mari. Diagramele din fig. 21.5 servesc la aprecierea comportării motoarelor şi generatoarelor electrice în general.

Pentru controlul stării de funcţionare a rotoarelor în producţie, se folosesc vibrometre, măsurătorile făcîndu-se în felul arătat în fig. 21.6.

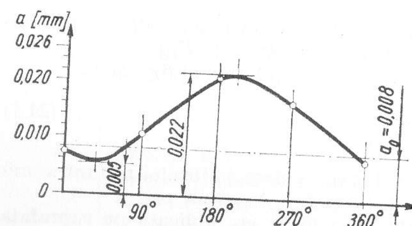


Fig. 21.2. Diagrama de control al calităţii echilibrării cu contragreutate

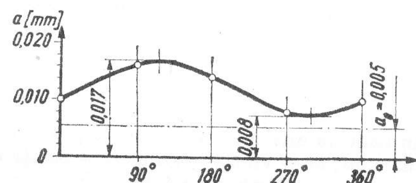


Fig. 21.3. Diagrama corectă de control al calităţii echilibrării cu contragreutate

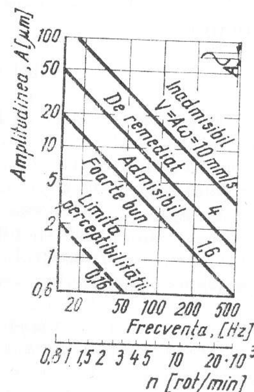


Fig. 21.4. Valori admisibile pentru amplitudinea vibraţiilor rotoarelor mari în construcţia de maşini

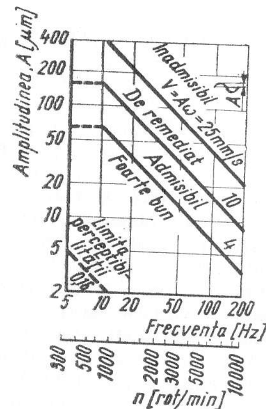


Fig. 21.5 Valori admisibile pentru amplitudinea vibraţiilor rotoarelor motoarelor şi generatoarelor electrice

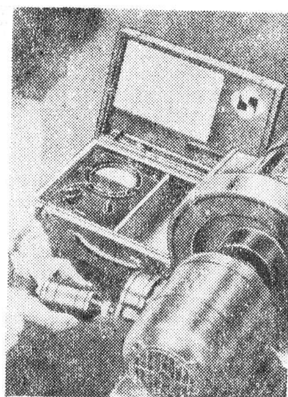


Fig. 21.6. Folosirea vibrometrului pentru măsurarea amplitudinii vibraţiilor în producţie

22. TEHNOLOGIA ÎMBINĂRILOR

În tehnologia asamblării se deosebesc două categorii de îmbinări: îmbinări nedemontabile şi îmbinări demontabile. Din categoria îmbinărilor nedemontabile fac parte nituirea, sudura, mandrinarea, lipirea, încleierea şi unele îmbinări cu strîngere.

Nituirea, lipirea şi sudura reprezentînd procedee tehnologice întru totul specifice, care se desfăşoară în sectoare anume organizate, tratarea acestora nu intră în considerentele acestui capitol. Dimpotrivă mandrinarea şi încleierea sînt procedee caracteristice de îmbinare nedemontabilă aplicate foarte mult în tehnologia asamblării maşinilor şi a mecanismelor. Îmbinările cu strîngere ocupă un loc deosebit în tehnologia îmbinărilor, deoarece prin strîngere se pot obţine atît îmbinări nedemontabile, cît şi îmbinări demontabile. Felul îmbinării cu strîngere depinde de mărimea presiunii dintre cele două suprafeţe îmbinate, adică de natura ajustajului.

Îmbinările demontabile pot fi fixe sau mobile. Îmbinările fixe demontabile se obţin prin ajustaje cu strîngere, iar îmbinările mobile se realizează prin ajustaje cu joc.

Îmbinarea prin mandrinare. Mandrinarea este în fond un procedeu de fixare prin strîngere a ţevilor, prin lărgirea piesei cuprinse în alezajul piesei cuprinzătoare. Mandrinarea se execută manual sau mecanic. Fixarea ţevilor din cupru sau din alamă cu diametru redus (între 4 şi 12 mm), se face manual, folosindu-se o tijă de mandrinat (fig. 22.1). Capătul ţevii se trece prin niplu, făcînd să iasă cu 1,5...2,5 mm, apoi, cu ajutorul tijei de mandrinat, se răsfrînge marginea ţevii în felul arătat în fig. 22.1.

Pentru mandrinarea ţevilor din cupru sau alamă cu diametrul mai mare, sau a ţevilor din oţel se folosesc utilaje speciale.

Mandrinarea este indicată pentru îmbinarea acelor ţevi care trebuie să asigure o etanşeitate perfectă.

Îmbinări prin încleiere. Încleierea metalelor se foloseşte tot mai mult în construcţia de maşini, datorită tehnologiei simple de realizare a îmbinării şi rezistenţei la tracţiune relativ mari a organelor încleiate.

Inconvenientul acestor îmbinări este sensibilitatea lor la temperaturile de funcţionare ridicate. Astfel, cleiurile industriale, pe bază de răşini epoxidice pentru lipit, se pot folosi numai pentru îmbinările la care temperatura de funcţionare nu trece de 60°C. Mai puţin sensibile sînt cleiurile fabricate din răşini poliuretanice, care rezistă în exploatare pînă la temperatura de 120°C.

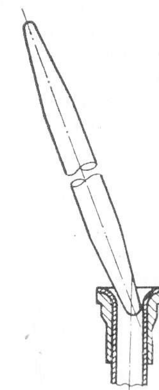


Fig. 22.1. Mandrinarea manuală

Rezistenţa la tracţiune a îmbinărilor prin încleiere este de 200—300 daN/cm².

Îmbinări cu strîngere. Datorită dezvoltării teoriei elasticităţii şi plasticităţii, calculele bazate pe aceasta permit determinarea precisă a strîngerii, încît îmbinările cu strîngere prezintă actualmente o siguranţă deplină de funcţionare.

După scopul funcţional urmărit, îmbinările cu strîngere pot fi fixe nedemontabile, de exemplu îmbinarea coroanei dinţate cu corpul roţii, sau fixe demontabile, cum sînt îmbinările cu rulmenţi.

Caracterul îmbinării depinde în primul rînd de mărimea strîngerii reale, apoi de precizia de formă a alezajului piesei cuprinzătoare şi a fusului piesei cuprinse, precum şi de rugozitatea celor două suprafeţe de îmbinare. La îmbinările cu strîngere nedemontabilă, piesele nu sînt interschimbabile, deoarece strîngerea reală Δ_r depinde de dimensiunile efective ale diametrului alezajului şi ale fusului:

$$\Delta_r = \Delta_e - (H_1 + H_2), \qquad (22.1)$$

în care: Δ_e este strîngerea efectivă ($\Delta_e = d_{ef} - d_{ea}$, simbolurile d_{ef} şi d_{ea} însemnînd diametrul efectiv al fusului respectiv al alezajului, mm); H_1 şi H_2 — înălţimea maximă a asperităţilor suprafeţelor de îmbinare, mm;

Forţa de strîngere F_s a îmbinării se calculează cu relaţia:

$$F_s = c\mu\pi d l \sigma_s \text{ [daN]}. \qquad (22.2)$$

În această expresie c este un coeficient de siguranţă ($c = 1{,}4...1{,}5$); μ — coeficient de frecare; d — diametrul nominal al celor două elemente care se îmbină, cm; l — lungimea efectivă a alezajului, cm; σ_s — presiunea de contact a celor două suprafeţe îmbinate, daN/cm². Valoarea coeficientului de frecare este $\mu = 0{,}2$ pentru cazul general, cînd cele două suprafeţe care se îmbină nu sînt unse. Presiunea de contact σ_s se calculează pentru îmbinarea pe un fus plin, cu relaţia (notaţiile folosite fiind arătate în fig. 22.2):

$$\sigma_s = \frac{s}{d_i}\frac{E}{2}\left[1 - \left(\frac{d_i}{d_a}\right)^2\right] \text{ [daN/cm}^2\text{]}, \qquad (22.3)$$

în care s este strîngerea teoretică, cm; d_i — diametrul nominal al alezajului, cm; d_a — diametrul exterior al piesei cuprinzătoare, cm; E — modulul de elasticitate a materialului piesei cuprinzătoare, daN/cm².

Pentru îmbinările pe fus găurit se utilizează formula

$$\sigma_s = \frac{s}{d_i}\frac{E}{2}\left[1 - \left(\frac{d_i}{d_a}\right)^2\right]\frac{1-(g/d_i)^2}{1-(g/d_a)^2} \text{ [daN/cm}^2\text{]}, \qquad (22.4)$$

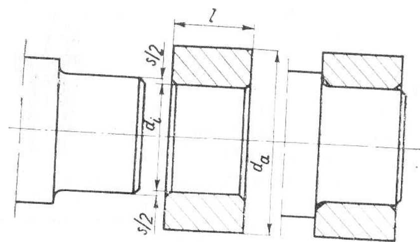


Fig. 22.2. Mărimile necesare determinării presiunii dintre suprafeţele îmbinate prin presare.

în care g reprezintă diametrul găurii în fus.

Îmbinările cu strîngere se pot executa prin presare sau prin fretare.

Presarea se face cu prese hidraulice a căror forţă de presare F va fi:

$$F = cF_s \text{ [daN)}, \qquad (22.5)$$

în care c este un coeficient de siguranţă ($c = 1{,}2 ... 1{,}5$).

Temperatura t_n la care trebuie încălzită piesa cuprinzătoare în vederea îmbinării se calculează cu relaţia:

$$t_n = t_d + t_a + t_r \text{ [°C]}, \qquad (22.6)$$

în care: t_a este temperatura ambiantă, °C; t_r — temperatura de siguranţă, °C, cu care se ţine seama de răcirea piesei în cursul transportului de la locul de încălzire şi pînă la locul de asamblare ($t_r \approx 20$°C); t_d — temperatura necesară dilatării alezajului corespunzător strîngerii s, dată de relaţia:

$$t_d = \frac{s}{\alpha d} \text{ [°C]}. \qquad (22.7)$$

În această relaţie, s este strîngerea, m; α — coeficient de dilatare termică liniară, m/°C (pentru oţel, $\alpha \approx 12 \cdot 10^{-6}$ m/°C); d — diametrul nominal al alezajului, m.

Încălzirea piesei cuprinzătoare se face într-o baie de ulei mineral, iar pentru temperaturi mari (peste 200°C), într-o baie cu ulei de ricin. Se va avea grijă ca piesa care se încălzeşte să nu se aşeze pe fundul cazanului băii, ci pe o plasă sau pe un grătar. Se va feri de asemenea piesa de contactul direct cu elementele de încălzire a uleiului, pentru a împiedica încălzirea neegală. Uneori este convenabilă încălzirea piesei cuprinzătoare prin inducţie cu ajutorul unui dispozitiv electric adecvat.

Potrivirea piesei încălzite pe fus se face manual folosindu-se mănuşi speciale din azbest. Pentru a se asigura contactul între umărul fusului şi suprafaţa laterală a piesei cuprinzătoare, acesteia i se aplică cîteva lovituri în sens axial cu ciocanul (v. fig. 23.5 şi 23.6).

În cazul în care piesa cuprinzătoare este călită şi trebuie menţinută o anumită structură a materialului şi o anumită duritate a suprafeţelor, atunci piesa nu trebuie încălzită peste 120°C.

S-ar putea întîmpla ca temperatura t_n necesară pentru dilatarea piesei cuprinzătoare, să rezulte mai mare de 120°C. În astfel de situaţii, va trebui răcită piesa cuprinsă pentru a se obţine diferenţa de temperatură necesară. Răcirea se poate face cu bioxid de carbon solid, cu care se obţine o temperatură de — 95°C sau cu amoniac în frigorifere industriale cu care temperatura poate fi scăzută la —120°C. Răcirea piesei cuprinse se face în instalaţii speciale de răcire, durata răcirii variază după mărimea şi configuraţia piesei, între 15 minute şi o oră. Piesele care urmează a fi răcite trebuie degresate şi bine curăţate.

Îmbinări cu pene. Funcţionarea ireproşabilă a unei îmbinări cu pană depinde în primul rînd de alegerea corectă a penei, apoi de calitatea îmbinării. Calitatea îmbinării la rîndul său este determinată de ajustajul îmbinării şi de precizia cu care a fost executată pana şi canalul penei.

În construcţia de maşini cele mai utilizate sînt penele longitudinale şi anume penele paralele, penele înclinate şi penele tangenţiale. Forma şi dimensiunile acestora sînt standardizate.

Penele paralele de aceeaşi mărime sînt interschimbabile, ceea ce uşurează în mare măsură tehnologia îmbinării. Pentru a se obţine ajustajul prescris, dimensiunile canalului de pană în arbore şi ale celui din butuc, precum şi dimensiunile penei vor trebui executate în limitele toleranţelor indicate în STAS 6491-62.

Înaintea fixării penei în canalul arborelui se va controla, cu un calibru, lăţimea şi grosimea penei precum şi lăţimea şi adîncimea canalului. De asemenea este indicat şi controlul canalului în butuc. Asamblarea corectă cu pene paralele asigură o rotire centrică a ansamblului. Asamblările cu pană paralelă sînt indicate însă numai pentru rotirea într-un singur sens şi funcţionarea fără şocuri, ceea ce constituie un inconvenient al acestei îmbinări. Deoarece calitatea îmbinării cu pene paralele depinde în primul rînd

de poziția penei în canalul din arbore, după așezarea penei în canal se controlează poziția acesteia cu un micrometru, în felul schițat în fig. 22.3.

Ansamblurile la care sensul rotirii se schimbă, sau care funcționează cu șocuri se asamblează cu pene tangențiale (STAS 1009-59) și (STAS 1010-60). Asamblarea cu pene tangențiale se execută de asemenea prin interschimbare totală. Penele au o înclinație de 1 : 100 pentru a se obține stringerea necesară a penelor în locaș. Penele sînt presate una față de cealaltă prin lovituri de ciocan. Loviturile nu se aplică direct pe pană, ci prin intermediul unui dorn din cupru. Asamblările cu pene tangențiale asigură de asemenea rotirea centrică a ansamblului.

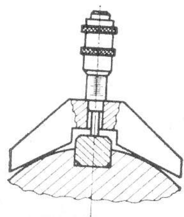


Fig. 22.3. Controlul poziției penei în canalul din arbore

Îmbinările cu pene înalte (înclinate), deși sînt foarte rigide și au o capacitate mare de transmitere a puterii, totuși se pot folosi numai pentru acele ansambluri, față de care nu se pun condiții severe în ceea ce privește rotirea centrică. Din acest motiv îmbinarea cu pană înaltă este indicată numai pentru fixarea acelor rotori la care viteza periferică nu trece de 1,5 m/s.

Penele transversale nu sînt standardizate, ele executîndu-se după norme interne. Penele transversale fiind înclinate, se asamblează după aceleași principii ca și penele tangențiale. La îmbinările cu pene transversale este important ca suprafața înclinată a penei să se așeze pe întreaga lungime a suprafeței înclinate a piesei care se îmbină. Contactul dorit dintre cele două suprafețe înclinate se obține prin ajustare.

Îmbinări cu con. În comparație cu îmbinările cilindrice demontabile cu stringere, cele cu con prezintă avantajul că sînt mai rigide și necesită forțe de presare și de depresare mult mai reduse. Prelucrarea precisă a alezajului și a fusului conic este însă pretențioasă, deseori fiind necesare ajustări în vederea asigurării unui contact satisfăcător între suprafața conică cuprinzătoare și cea cuprinsă, ceea ce complică și scumpește realizarea îmbinărilor cu con.

Presarea piesei cuprinzătoare pe fus se face manual cu o bucșă de montare, similară celei reprezentate în fig. 23.5 și 23.6. Piesele mari se presează cu ajutorul unor dispozitive.

Forța necesară presării piesei cuprinzătoare pe fus se calculează cu relația:

$$F = \pi d l \sigma_s \left(\mu + \frac{1}{2k} \right) \quad [\text{daN}]. \tag{22.8}$$

Notațiile din formulă corespund cu cele din relația (22.2); simbolul k reprezintă conicitatea. Pentru rulmenți, de exemplu, conicitatea fiind 1/12, raportul 1/2 k va fi $1/24 \approx 0{,}042$. Valoarea coeficientului de frecare poate fi luată și pentru această îmbinare $\mu = 0{,}2$.

Fig. 22.4. Controlul îmbinărilor cu con

Forța de depresare este mai mică și se poate calcula cu relația:

$$F = \pi d l \sigma_s \left(\mu - \frac{1}{2k} \right) \quad [\text{daN}]. \tag{22.9}$$

După executarea îmbinării, se va verifica poziția piesei cuprinzătoare față de piesa cuprinsă. Dimensiunea h (fig. 22.4) va trebui să se încadreze în toleranțele prescrise de proiectant pentru această mărime.

Limitele de toleranță vor fi:

$$h_{min} = \frac{(D + T_{a\,min}) - (D - T_{i\,max})}{2 \operatorname{tg} \alpha}; \tag{22.10}$$

$$h_{max} = \frac{(D + T_{a\,max}) - (D - T_{i\,min})}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \tag{22.11}$$

în care: D este diametrul nominal de la baza conului, mm; T_a — toleranța pentru acest diametru al alezajului, mm; T_i — toleranța pentru diametrul corespunzător al fusului, mm; α — semiunghiul conului.

Piesele cu pereți subțiri se pot îmbina mai simplu, cu ulei sub presiune.

Tot din categoria îmbinărilor cu con fac parte îmbinările cu bucșe conice (bucșe de stringere și bucșe de extracție) și îmbinările cu inele conice de stringere. Bucșele conice se folosesc la îmbinările cu rulmenți și la cele ale pieselor în formă de inele cu pereți subțiri. Prin îmbinările cu inele conice de stringere se înlocuiesc în ultima vreme îmbinările cu pană longitudinală, îndeosebi atunci cînd se caută să se exploateze întreaga secțiune a arborelui și să se reducă la minimum concentratorii de tensiune.

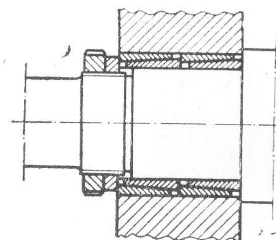


Fig. 22.5. Îmbinare cu inele conice prestrînse dintr-o singură parte

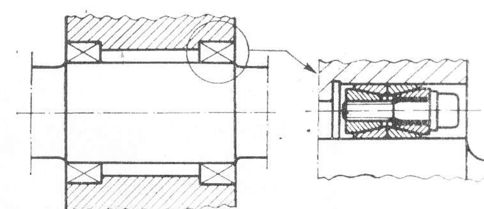


Fig. 22.6. Îmbinare cu inele conice prestrînse în ambele părți

Îmbinările cu inele conice de stringere se pot executa cu prestringerea dintr-o singură parte (fig. 22.5) sau din ambele părți (fig. 22.6). Executînd prestringerea cu o singură piuliță (fig. 22.5), perechea de inele din spate transmite aproximativ jumătate din forța de stringere și deci a momentului care trebuie transmis. În cazul transmiterii unor momente mari, cînd influența concentratorului de tensiune trebuie redusă la minimum, îmbinarea cu inele conice elastice se execută în felul arătat în fig. 22.6 cu prestringerea din două părți renunțîndu-se la filetul de pe arbore. Pentru a se asigura stringerea uniformă a inelelor, șurubul fiecărui element cu con dublu se va stringe succesiv în mai multe etape. Forța de stringere a îmbinărilor cu inele conice se calculează în mod similar ca și la îmbinările cilindrice prin presare. Se neglijează în calcule în general forța pentru deformarea elastică a inelelor, de acest lucru se ține însă seama printr-un coeficient de siguranță, $c = 1{,}1 \ldots 1{,}2$.

Îmbinări cu filet. Calitatea îmbinărilor cu filet în primul rînd depinde de forța cu care se realizează stringerea organului înșurubat. Pentru ca o îmbinare cu filet să nu slăbească, ceea ce ar periclita siguranța funcționării întregului ansamblu, este necesar

ca înșurubarea să se facă cu o anumită forță de prestrîngere. Mărimea forței de prestrîngere se poate calcula cu suficientă precizie în funcție de caracterul solicitării filetului [10].

Mai dificilă este realizarea forței de prestrîngere la înșurubare. Experiența și observările făcute în producție demonstrează că, făcînd strîngerea filetului cu chei obișnuite

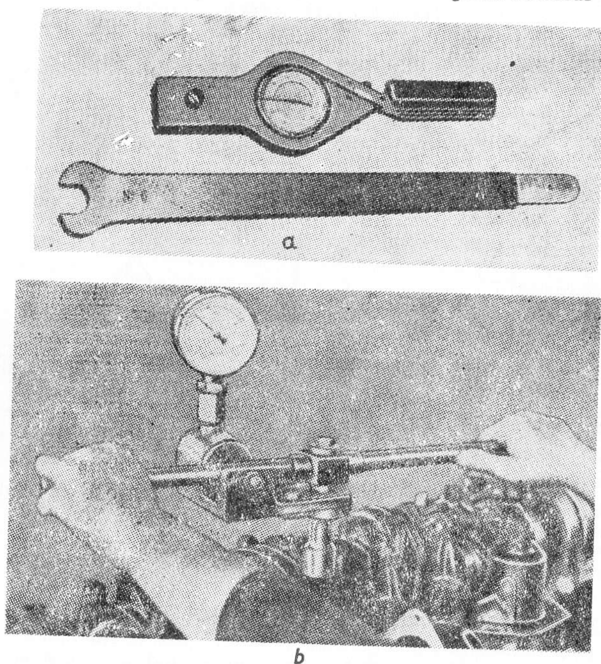


Fig. 22.7. Chei dinamometrice pentru prestrîngerea manuală a prezoanelor sau a piulițelor

și lăsînd executarea îmbinărilor cu filet pe seama montatorului, mărimea forței de prestrîngere prezintă dispersii în limite foarte mari de la o îmbinare la alta. În trecut efectul acestei imprecizii s-a manifestat mai puțin, produsele industriei constructoare de mașini fiind în comparație cu cele de astăzi supradimensionate. În condițiile actuale de producție însă, cînd materialul este exploatat la limita economică, strîngerea corespunzătoare a îmbinărilor cu filet constituie un factor determinant pentru calitatea acestora. Din acest motiv forța de prestrîngere trebuie realizată cu o precizie cît mai mare independent de „simțul" montatorului.

Pentru producția de unicate sau de serie mică, sînt mai avantajoase cheile dinamometrice. Cheile dinamometrice permit reglarea momentului de prestrîngere la mărimea dorită; momentul este indicat pe un cadran pentru a se opri la timp strîngerea, sau este delimitat de un mecanism cu decuplare automată. În fig. 22.7 sînt reprezentate două

modele de chei dinamometrice cu indicarea directă a momentului de prestrîngere. Cheia arătată în fig. 22,7, *a* se compune din mecanismul de reglare a momentului de strîngere și indicatorul acestei mărimi, precum și o trusă de chei deschise sau închise schimbabile. În fig. 22.7,*b* se arată o cheie dinamometrică de construcție similară cu cheile tubulare schimbabile. În fig. 22.8 se arată construcția unei chei dinamometrice cu limitarea meca-

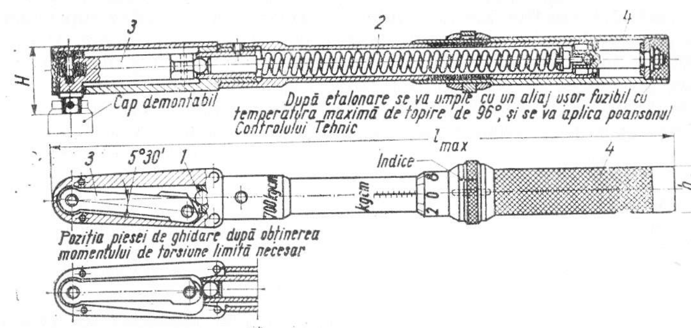


Fig. 22.8. Cheia dinamometrică cu limitarea mecanică a momentului de prestrîngere

nică a momentului de prestrîngere. Cheia funcționează în felul următor: prin înșurubarea mînerului 4 arcul 2 este comprimat, pînă se va obține momentul de prestrîngere dorit, care se citește de pe gradația imprimată pe corpul dispozitivului. Arcul 2 apasă asupra bilei de blocare 1 care ține piesa de ghidare 3 în poziția de lucru, arătată în vederea din mijloc. Dacă momentul de prestrîngere este depășit, piesa de ghidare trece peste bila de blocare (figura de jos), cheia mișcîndu-se în gol. Capul demontabil (în vederea de sus) reprezintă una din cheile tubulare schimbabile ale trusei.

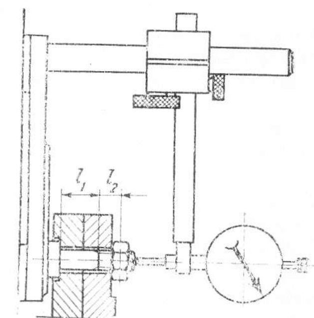


Fig. 22.9. Controlul prestrîngerii elementelor înșurubate

Dacă sectorul de asamblare nu dispune de chei dinamometrice, se recomandă va verificarea calității îmbinării să se facă pe cale indirectă, comparînd lungimea bulonului înainte și după îmbinare. Măsurătorile se fac cu un comparator cu precizia de indicare de 1 μm. Pentru asigurarea preciziei de măsurare, suprafața de contact cu palpatorul comparatorului va trebui rectificată. Măsurînd lungimea Δl a bulonului, mărimea forței de restrîngere F_s se obține cu ajutorul schemei din fig. 22.9 și a relației:

$$F_s = \Delta l E \frac{1}{\frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2}} \quad [\text{daN}], \qquad (22.12)$$

în care: Δl este lungirea bulonului, cm, după strîngerea piuliței; E-modulul de elasticitate a materialului bulonului, daN/cm^2; A_1 — aria secțiunii nefiletate a bulonului, cm^2; A_2 — aria secțiunii periculoase a părții filetate, cm^2; l_1 — lungimea porțiunii nefiletate, cm; l_2 — lungimea pînă la mijlocul piuliței a porțiunii filetate a bulonului, cm.

Îmbinări cu joc. Calitatea îmbinărilor cu joc este determinată de existența jocului funcțional și de portanța suprafețelor active ale îmbinării. Jocul funcțional este dat de diferența diametrelor efective ale alezajului și fusului, iar portanța suprafețelor active de mărimea contactului dintre suprafața cuprinsă și cea cuprinzătoare. Mărimea suprafeței de contact, la rîndul său, depinde de precizia de formă și de netezimea suprafețelor active, precum și de coaxialitatea fusului și a alezajului. După cum se observă, calitatea îmbinărilor cu joc depinde în primul rînd de precizia de prelucrare a elementelor care se îmbină, apoi de precizia de poziționare a acestora la îmbinare.

23. PROBLEME DEOSEBITE ÎN TEHNOLOGIA ASAMBLĂRII

Tehnologia asamblării se rezumă în fond la rezolvarea problemelor legate de aplicarea corectă a diferitelor îmbinări arătate mai înainte, corespunzător specificului produsului care trebuie asamblat. Totuși, mai apar unele probleme deosebite de asamblare, comune pentru diverse produse ale industriei constructoare de mașini, cum ar fi de exemplu: asamblarea grupurilor de repere cu rulmenți; asamblarea angrenajelor; asamblarea arborilor compuși; asamblarea legărelor de alunecare etc., a căror rezolvare corespunzătoare este hotărîtoare pentru calitatea produsului. În cele ce urmează, se va scoate în evidență aspectul specific al tehnologiei de asamblare al acestora.

Asamblări cu rulmenți. Deși în proiect se prescriu în general corect condițiile de asamblare a rulmenților, se observă totuși că în exploatare, uneori, rulmenții funcționează defectuos sau că nu rezistă pe durata prevăzută prin calcule. În majoritatea covîrșitoare a cazurilor cauza deficiențelor de funcționare se datorește asamblării necorespunzătoare. Experiența dovedește că factorul hotărîtor pentru funcționarea ireproșabilă a rulmenților pe durata calculată este calitatea asamblării.

Calitatea asamblării este asigurată numai prin respectarea riguroasă a unor norme, care s-au impus în tehnologia asamblării rulmenților. Aceste norme de asamblare se referă la: — verificarea rulmenților înainte de asamblare; — verificarea organelor cu care se îmbină rulmenții; — ajustajele îmbinărilor cu rulmenți; — ghidarea arborilor; — procedeele de îmbinare a rulmenților; — verificarea jocului funcțional; — ungerea rulmenților; — etanșarea rulmenților; — temperatura de funcționare; — demontarea rulmenților.

Verificarea rulmenților înaintea asamblării cu piesele vecine se face pe baza celor precizate în STAS 4207-65 și STAS 7115-64. După ce rulmenții au fost despachetați din ambalaj, se spală cu benzină de unsoarea de protecție, se depozitează la un loc curat și ferit, unde se acoperă cu folie de material plastic. Se controlează apoi rînd pe rînd suprafețele rulmenților care vor trebui să fie curate și lipsite de pete. Dimensiunile și tipul rulmentului vor trebui să corespundă bineînțeles, cu cel indicat pe desenul de ansamblu. Urmează apoi verificarea jocului inițial radial și axial conform indicațiilor din STAS 4207-65 și STAS 7115-64, care trebuie să se încadreze în limitele prevăzute pentru clasa de precizie a rulmentului prescris de proiectant. În lipsa dispozitivelor de control arătate în standardul amintit, jocul radial inițial se poate măsura la rulmenții radiali cu role cilindrice sau la rulmenții cu butoiașe cu o leră lamă (spion) (fig. 23.1), iar la rulmenții cu bile după schema arătată în fig. 23.2. Jocul axial se determină ca și în fig. 23.11. Mișcînd arborele alternativ în sensul arătat cu săgeată, comparatorul va indica mărimea jocului axial.

Între jocul radial j_r și jocul axial j_a al unui rulment radial există următoarea corelație:

— **pentru rulmenţi radiali** oscilanţi (cu bile şi butoiaşe):

$$\frac{j_a}{j_r} = \frac{Y_0}{0,44}; \qquad (23.1)$$

valorile pentru Y_0 sînt **date** în cataloagele de rulmenţi;

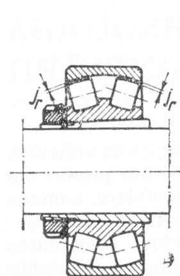


Fig. 23.1. Măsurarea jocului radial la rulmenţi radiali cu butoiaşe.

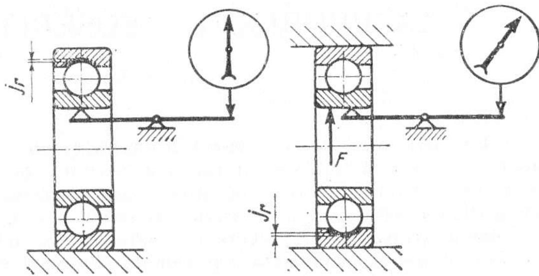


Fig. 23.2. Determinarea jocului radial la rulmenţii radiali cu bile pe un rînd

— pentru rulmenţi radiali cu bile pe un rînd, jocul axial se stabileşte cu ajutorul diagramei din fig. 23.3.

Măsurarea jocului iniţial la rulmenţii radial-axiali şi la rulmenţii axiali nu are sens, deoarece la aceştia jocul apare abia în stare asamblată.

În tot timpul manipulării cu rulmenţii spălaţi se vor folosi mănuşi, pentru a se evita contactul direct al mîinilor cu suprafeţele rulmentului. Sărurile acide transpirate de corpul uman atacă aceste suprafeţe, amprentele lăsate pe căile de rulare devenind amorse de distrugere ale acestora.

Verificarea organelor cu care se îmbină rulmenţii se rezumă în fond la controlul preciziei dimensionale, a preciziei de formă şi a rugozităţii suprafeţelor fusului şi a alezajului. Deşi aceste organe au fost deja supuse unui control tehnic în atelierul mecanic, o nouă verificare înaintea asamblării este totuşi necesară.

Diametrul fusului, respectiv al alezajului în carcasă se măsoară în cel puţin trei secţiuni în lung, făcîndu-se cîte trei măsurători în fiecare secţiune. Fusul, respectiv alezajul în carcasă, vor corespunde dacă dimensiunile măsurate se încadrează în cîmpul de toleranţă prescris şi dacă este satisfăcută condiţia dată de inegalitatea

$$\frac{d_{max} - d_{min}}{2} \leqslant \frac{2T}{2}. \qquad (23.2)$$

În cazul în care condiţia (23.2) nu este satisfăcută pentru alezaje, deficienţele se pot remedia uneori prin răzuirea corespunzătoare a alezajului în vederea asigurării aşezării inelului exterior al rulmentului pe întreaga suprafaţă [16]. Remedierea fusurilor este ceva mai dificilă, deoarece deficienţele de formă se pot elimina numai printr-o rectificare fină urmată apoi de o cromare dură, pentru a se ajunge la dimensiunea dorită a diametrului fusului. Aceste operaţii fiind costisitoare, se aplică numai asupra unor arbori cu preţ de cost ridicat, cînd rebutarea arborelui justifică costul remedierii. Rugozitatea suprafeţei alezajului va fi $R_a = 1,6$ µm, iar a fusului, $R_a = 1,6$ µm, în cazul funcţionării fără şocuri, şi $R_a = 0,8$ µm în cazul funcţionării cu şocuri a rulmentului.

Razele de racordare ale fusului şi ale alezajului vor trebui să fie mai mici decît razele de rotunjire a muchiilor inelului interior al rulmentului şi vor trebui să corespundă celor cerute în STAS 6603-67.

Ajustajele îmbinărilor cu rulmenţi au fost fixate prin convenţii internaţionale în funcţie de condiţiile de exploatare a rulmenţilor. Toleranţele pentru fusuri şi alezaje,

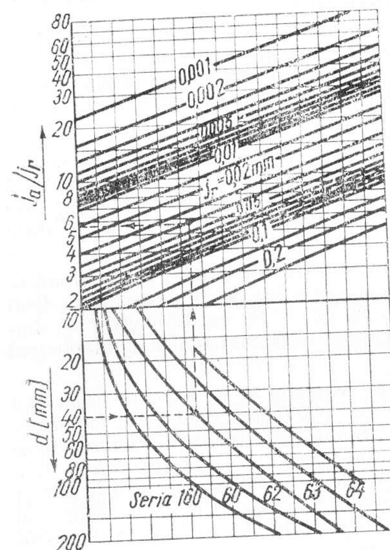


Fig. 23.3. Diagramă pentru determinarea jocului axial; exemplu: pentru rulment radial cu bile pe un rînd seria 6208 cu alezajul $d = 40$ mm, pentru jocul radial măsurat $j_r = 0,041$ mm, rezultă, din relaţia $j_a/j_r = 5,8$, $j_a = 0,24$ mm.

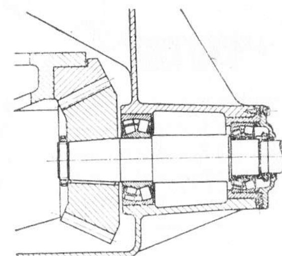


Fig. 23.4. Ghidarea arborelui în cazul montării a doi rulmenţi radiali

corespunzătoare obţinerii ajustajelor necesare, sînt cuprinse în STAS 6671-67. Controlul dimensional de formă şi de rugozitate se face tocmai în vederea asigurării ajustajelor prescrise de proiectant.

Prin ghidarea arborilor se asigură poziţia prevăzută a acestora în ansamblul maşinii. Ghidarea arborelui se obţine prin imobilizarea în sens axial a unuia dintre rulmenţii radiali montaţi pe arbore (rulment conducător), lăsînd celuilalt, sau celorlalţi rulmenţi, posibilitatea unei deplasări în sens axial (rulmenţi conduşi).

În fig. 23.4 se arată soluţia clasică pentru ghidarea unui arbore cu doi rulmenţi radiali. Prin fixarea în sens axial în carcasă a inelului exterior al rulmentului cu butoiaşe din dreapta şi fixarea inelului interior al acestuia pe arbore, rulmentul şi cu aceasta şi arborele obţin o poziţie bine determinată în spaţiu. Inelul exterior al rulmentului din stînga fiind liber în sens axial, se poate deplasa şi se poate acomoda în cazul unei

imprecizii de asamblare sau cînd arborele se dilată datorită încălzirii în cursul funcţionării. Dacă pe arbore s-ar monta amîndoi rulmenţii conducători, adică şi cu inelele exterioare fixate în sens axial, atunci arborele dilatîndu-se în timpul funcţionării, ar reduce sau ar putea elimina chiar jocul axial al rulmenţilor, producînd blocarea şi distrugerea lor.

Procedeul de îmbinare a rulmenţilor depinde de mărimea şi de greutatea acestora, precum şi de caracterul producţiei.

Înainte de a începe asamblarea, fusurile, alezajele în carcasă, precum şi inelele exterioare şi interioare ale rulmenţilor se şterg cu o cîrpă curată (nu cu bumbac), apoi se ung cu un strat foarte subţire de ulei mineral.

În producţia de unicate rulmenţii mici, pînă la 100 mm diametrul alezajului, se asamblează manual, prin presare. Asamblarea manuală prin presare pe arbore a unui rulment radial se arată în fig. 23.5.

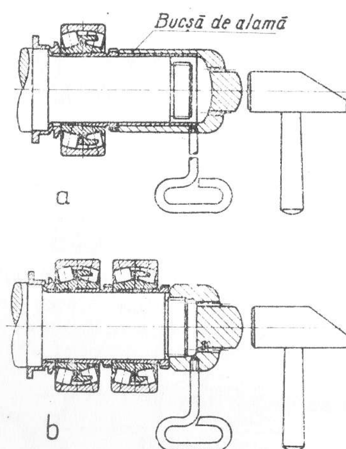


Fig. 23.5. Asamblarea manuală prin presare a doi rulmenţi împerechiaţi:
a — faza I; *b* — faza II

Dacă rulmentul trebuie montat concomitent în alezajul carcasei şi pe fus, se procedează în felul reprezentat în fig. 23.6. Se va avea grijă ca diametrul plăcii să fie ceva mai mic decît diametrul alezajului.

Asamblarea manuală se va executa numai cu un dispozitiv de asamblare (bucşă de montare), loviturile pe nicovala dispozitivului exercitîndu-se cu un ciocan din oţel. Dacă s-ar renunţa la dispozitiv şi loviturile de ciocan s-ar aplica direct pe inelul rulmentului, chiar dacă s-ar folosi un ciocan din masă plastică, totuşi, din cauza şocurilor la care sînt supuse elementele de rulare, acestea produc pe căile de rulare amprente (efectul Brinell), care devin amorse de decojire locală şi duc la distrugerea rapidă a căilor de rulare în exploatare.

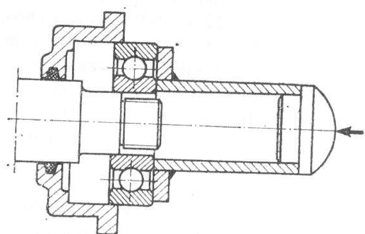


Fig. 23.6. Asamblarea manuală concomitentă a unui rulment pe arbore şi în carcasă

Asamblarea manuală a rulmenţilor de mărime mijlocie cu diametrul alezajului între 100 şi 200 mm se execută în mod similar. Pentru îmbinarea rulmenţilor în imediata apropiere de capătul fusului se foloseşte dispozitivul simplu (fig. 23.5,*b*), iar dacă rulmentul trebuie montat la o distanţă oarecare de la capătul arborelui, se foloseşte dispozitivul lung, cu cămaşă din bronz. Aceasta are drept scop protejarea arborelui, respectiv a fusului (fig. 23.5,*a*). Procedeul de asamblare descris corespunde atît pentru presarea rulmenţilor direct pe fus, cît şi pentru îmbinările cu bucşe de extracţie, indiferent de poziţia arborelui.

Dacă în sectorul de asamblare există o instalaţie corespunzătoare pentru încălzirea în baie de ulei, îmbinarea rulmentului pe fus se poate face prin fretare. Temperatura de încălzire se determină în felul arătat la cap. 22. La asamblarea prin fretare, se va

avea în vedere ca temperatura rulmentului să nu depăşească 120°C, în caz contrar duritatea căilor de rulare va scădea, fapt care are ca urmare micşorarea duratei de funcţionare a rulmentului.

În scopul asigurării rezemării corecte a inelelor pe umărul fusului, respectiv pe umărul alezajului, se foloseşte un dispozitiv de montare, aplicîndu-se cîteva lovituri cu ciocanul imediat după ce rulmentul încălzit a fost aşezat pe fus.

După încălzire, rulmenţii cu alezaj conic se vor aşeza în poziţia corectă cu ajutorul unei lame calibru de grosimea *u*, corespunzător schemei din fig. 23.7. La început

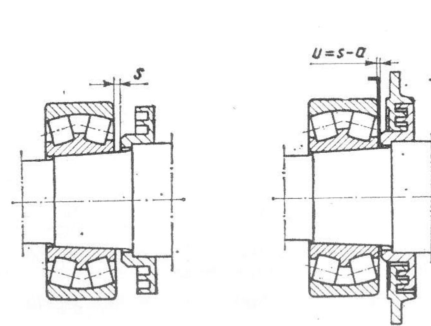


Fig. 23.7. Determinarea poziţiei unui rulment la îmbinarea cu con

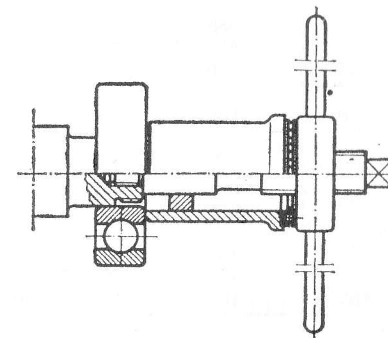


Fig. 23.8. Dispozitiv cu şurub pentru asamblarea rulmenţilor

rulmentul neîncălzit încă se aşează pe fus şi se măsoară distanţa *s*. Mărimea *a* se poate lua cu foarte bună aproximaţie conform [19] egală cu:

$$a = 15\, j_r, \qquad (23.3)$$

în care j_r este valoarea cu care trebuie redus jocul radial iniţial j_i al rulmentului. Valorile pentru j_r sînt date în tabelul 23.1. În felul acesta cota *u*, care va arăta poziţia dorită a rulmentului va fi:

$$u = s - a = s - 15 j_r. \qquad (23.4)$$

În producţia de serie mică, se recomandă mecanizarea lucrărilor de asamblare în vederea uşurării muncii şi a măririi productivităţii muncii. Se folosesc în general dispozitive de asamblare cu şurub, de felul celui indicat în fig. 23.8. Dispozitivul arătat în fig. 23.8 serveşte la îmbinarea rulmentului pe fus şi pentru îmbinarea rulmentului în carcasă sau, pentru asamblarea simultană pe fus şi în alezajul carcasei. În cazul din urmă, se va utiliza o placă de apăsare, de felul celei arătate în fig. 23.6.

Rulmenţii cu diametrul alezajului între 50 şi 200 mm se asamblează de preferinţă prin fretare sau cu ajutorul unui dispozitiv de presare. Presarea cu dispozitiv este indicată pentru asamblarea rulmenţilor cu bucşă de extracţie. Asamblarea se execută în felul

Tabelul 23.1

Reducerea jocului radial la asamblarea rulmenţilor radiali cu alezaj conic

Diametrul alezajului mm		Micşorarea jocului radial iniţial, j_r, mm	Diametrul alezajului mm		Micşorarea jocului radial iniţial j_r, mm
peste	pînă la		peste	pînă la	
40	50	0,030...0,035	200	225	0,100...0,115
50	65	0,035...0,040	225	250	0,105...0,125
65	80	0,040...0,050	250	280	0,120...0,140
80	100	0,050...0,060	280	315	0,130...0,150
100	120	0,055...0,065	315	355	0,150...0,170
120	140	0,065...0,070	355	400	0,160...0,190
140	160	0,070...0,085	400	450	0,180...0,210
160	180	0,075...0,090	450	500	0,200...0,240
180	200	0,085...0,100			

arătat în fig. 23.9. Dispozitivul se compune din discul *1* călit şi rectificat plan, din piuliţa *2* şi din patru şuruburi de presare *3* din oţel îmbunătăţit. La început, discul *1* este apăsat prin înşurubarea piuliţei *2* către bucşa de extracţie. Apoi se string rînd pe rînd, în mod uniform, şuruburile *3* pînă cînd se va constata că jocul radial iniţial al rulmentului a fost redus la valoarea corespunzătoare jocului funcţional j_f.

Forţa de presare pentru îmbinarea cu fusul a unui rulment cu alezajul cilindric se calculează cu (22.2), doar că în acest caz efortul unitar σ_s se determină cu următoarea relaţie:

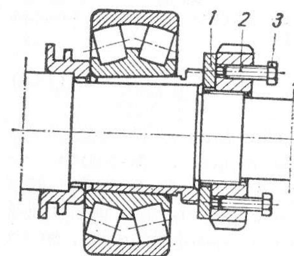


Fig. 23.9. Montarea mecanică a unui rulment radial cu butoiaşe de mărime mijlocie

— inelul interior presat pe un fus plin:

$$\sigma_s = \frac{\Delta}{d}\frac{E}{2}\left[1 - \left(\frac{d}{h}\right)^2\right] \text{ [daN/cm}^2\text{]}; \qquad (23.5)$$

— inelul interior presat pe un arbore tubular:

$$\sigma_s = \frac{\Delta}{d}\frac{E}{2}\left[1 - \left(\frac{d}{h}\right)^2\right]\frac{1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{h}\right)^2} \text{ [daN/cm}^2\text{]}, \qquad (23.6)$$

în care: Δ este stringerea, mm; d — diametrul efectiv al alezajului inelului, mm; h — diametrul redus al căii de rulare, mm; d_1 — diametrul alezajului în arbore, mm; E — modulul de elasticitate, daN/cm² ($E \approx 2\,100\,000$ daN/cm²). Asupra mărimilor indicate în formulă orientează schiţele din fig. 23.10.

Dacă ajustajul cu stringere se prescrie pentru inelul exterior al rulmentului în alezajul carcasei, efortul unitar se calculează cu relaţiile:

$$\sigma_s = \frac{\Delta}{D}\frac{E}{2}\left[1 - \left(\frac{H}{D}\right)^2\right]\frac{1 - \left(\frac{D}{I}\right)^2}{1 - \left(\frac{H}{I}\right)^2} \text{ [daN/cm}^2\text{]}. \qquad (23.7)$$

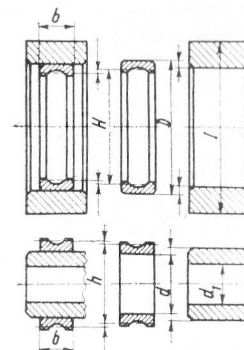


Fig. 23.10. Determinarea mărimilor pentru calculul presiunii în cazul asamblării rulmenţilor prin presare

Pentru calculul forţei de presare a rulmenţilor radiali cu alezaj conic (22.2) va avea următoarea formă:

$$F_{ca} = c\sigma_s\pi dl\left(\mu + \frac{1}{2k}\right) \text{ [daN]}, \qquad (23.8)$$

pentru presarea pe fusul conic şi,

$$F_{cd} = c\sigma_s\pi dl\left(\mu - \frac{1}{2k}\right) \text{ [daN]}, \qquad (23.9)$$

pentru demontarea de pe fus.

Valoarea coeficientului de frecare conform [3] se poate lua, pentru asamblarea în stare uscată a suprafeţelor de îmbinare, cu $\mu = 0{,}15 \ldots 0{,}25$; conicitatea fusului respectiv al alezajului rulmentului fiind $1/k = 1/12$, în formule se va trece $\frac{1}{2k} = \frac{1}{24} \approx 0{,}042$.

Presarea rulmenţilor mari cu diametrul alezajului peste 200 mm necesită forţe de presare deosebit de mari, din care cauză se preferă asamblarea acestora prin fretare sau cu ulei sub presiune. Îmbinarea prin fretare este indicată îndeosebi pentru rulmenţii cu alezaj cilindric.

Îmbinarea rulmenţilor cu alezaj conic se poate face mai simplu cu ulei sub presiune. Procedeul de îmbinare cu ulei sub presiune constă în introducerea unui strat de ulei mineral între suprafeţele de îmbinare, presiunea uleiului provocînd dilatarea inelului rulmentului. Inelul alunecînd în acest caz pe un strat de ulei, coeficientul de frecare μ scade la aproximativ 0,02, ceea ce face ca forţa de presare să fie scăzută, realizabilă cu o instalaţie hidraulică simplă.

Verificarea jocului funcţional se exercită după asamblare, în general asupra rulmenţilor radiali cu alezaj conic, avînd în vedere că jocul funcţional depinde de poziţia rulmentului pe fusul conic sau pe bucşa de extracţie. Jocul radial funcţional se calculează cu ajutorul relaţiei $J_f = J_i - J_s$ şi se măsoară cu leră-spion. La rulmenţii radiali cu bile, jocul funcţional se poate măsura cu comparatorul ca şi în schema din fig. 23.2.

Jocul funcţional al ansamblurilor cu rulmenţi axiali-radiali se determină prin măsurarea jocului axial în felul arătat în fig. 23.11. Jocul axial măsurat va trebui să se încadreze în valorile date în tabelul 23.2.

Tabelul 23.2

Jocul axial după asamblarea rulmenţilor

Alezajul rulmentului, mm	Rulmenţi radial-axiali cu role conice, seria rulmentului: 7200(302) 7500(322)	Rulmenţi radial-axiali cu role conice, seria rulmentului: 7300(303), 7600(323) 27300(313)	Alezajul rulmentului, mm	Rulmenţi radial-axiali cu bile, seria rulmentului: 46300(7200)	Rulmenţi radial-axiali cu bile, seria rulmentului: 66300(7300)
	jocul axial, mm			jocul axial, mm	
13...30	0,03...0,08	0,05...0,11	pînă la 30	0,02...0,06	0,03...0,09
35...50	0,04...0,10	0,06...0,12	35...50	0,03...0,09	0,04...0,10
55...80	0,05...0,12	0,07...0,14	55...80	0,04...0,10	0,05...0,12
85...120	0,06...0,15	0,10...0,18	85...100	0,05...0,12	0,06...0,13

La asamblările la care arborii sînt susţinuţi de rulmenţi radiali combinaţi cu rulmenţi axiali, aceştia din urmă vor forma rulmentul conducător. Si la aceştia se controlează jocul funcţional axial analog procedeului indicat în fig. 23.11.

Jocul funcţional radial al rulmenţilor radiali cu alezaj cilindric nu trebuie în general controlat, deoarece acesta este determinat de ajustajul îmbinării. Dacă acesta este corect ales, jocul funcţional radial va fi corespunzător. Totuşi în anumite cazuri şi anume cînd se montează rulmenţi cu joc mărit (C_3C_4 sau C_5), se recomandă controlul jocului radial după asamblare. Jocul radial funcţional J_{rf} va trebui să fie:

$$J_{rf} = (0,4 \ldots 0,5)\, J_{ri}, \qquad (23.10)$$

J_{ri} fiind jocul radial iniţial. După montarea rulmenţilor cu joc redus (C_2) este în tot cazul indicată verificarea jocului funcţional radial.

Corelaţia dintre jocul radial şi jocul axial indicată este valabilă şi pentru rulmenţii după montare.

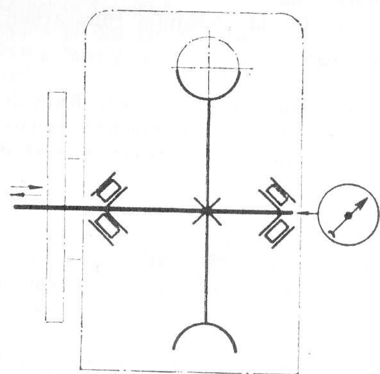


Fig. 23.11. Determinarea jocului axial la asamblurile cu rulmenţi radial-axiali

Ungerea rulmenţilor imediat după asamblare este indicată, lubrifiantul fiind totodată şi protector contra coroziunii. Dacă pentru ungerea rulmenţilor proiectantul prevede unsoare consistentă, se va alege după indicaţiile de utilizare din STAS 1608-65, sau după indicaţiile din literatura de specialitate [16]. Spaţiul rămas liber în carcasa lagărului, după montarea rulmentului, se va umple doar pînă la maximum 1/2 ... 3/4 din spaţiul disponibil, deoarece o cantitate prea mare de unsoare ar produce frecări interne mari, în urma cărora se poate distruge colivia rulmentului, se poate descompune unsoarea şi

poate creşte temperatura în aşa măsură că unsoarea se topeşte şi se scurge din carcasă. La rulmenţii care lucrează către limita superioară a turaţiei admise, pentru ungerea cu unsoare consistentă, după o zi de funcţionare, va trebui completat lubrifiantul.

La ungerea cu ulei mineral, proiectantul va indica obligatoriu calitatea lubrifiantului, alegerea calităţii acestuia depinzînd în mare măsură de condiţiile de funcţionare, încît alegerea nu poate fi lăsată pe seama tehnologului montator. Acest lucru este îndeosebi important în cazul ungerii prin pulverizare a uleiului sau cînd ungerea se face cu ceaţă de ulei.

Dacă ungerea cu ulei se face direct, rulmenţii aflîndu-se în baia de ulei, se va avea în vedere ca nivelul uleiului să nu treacă peste o jumătate din diametrul corpurilor de rulare din poziţia inferioară.

Eficacitatea etanşării contribuie în mare măsură la condiţiile de bună funcţionare a rulmenţilor. Pentru etanşările cu contact şi anume cu inele de pîslă, acestea vor trebui îmbibate înainte de montare într-un amestec fierbinte de 2/3 ulei mineral şi 1/3 seu de oaie, la temperatura de 80...90°C. Se va avea grijă ca, după montare inelul de pîslă să nu adere prea strîns pe arbore, frecarea mare putînd produce creşterea temperaturii arborelui şi a rulmentului montat pe acesta şi uzura rapidă a inelului şi a arborelui la locul de contact cu acesta.

Etanşările cu manşon (simmeringuri) se montează mai simplu; frecarea între manşon şi arbore este determinată constructiv de presiunea unui arc circular aşezat în jurul manşonului sau de armătura de rigidizare a manşonului. Înainte de a se pune în contact inelul de pîslă sau manşonul cu arborele, acesta va trebui şters cu grijă, orice impuritate dură ajunsă între ele putînd produce zgîrieturi pe arbore sau chiar griparea acestuia.

La asamblarea elementelor componente ale etanşărilor fără contact (canale circulare, inele labirint) se vor respecta riguros jocurile radiale şi axiale ale acestora, în caz contrar inelul rotativ ar putea produce un efect de pompare şi evacuare a lubrifiantului. După terminarea asamblării intervalele spaţiale între inelele labirint se vor umple cu unsoare consistentă prin orificiul prevăzut în acest scop de proiectant. Unsoarea consistentă introdusă în spaţiul dintre inelele labirint măreşte eficienţa etanşării.

Temperatura de funcţionare a unui rulment corect asamblat la temperatura ambiantă de 20°C nu depăşeşte, în funcţionare continuă, temperatura de cca. 60°, ceea ce înseamnă o creştere a temperaturii cu cca. 40°C. Această diferenţă de temperatură se menţine şi în cazul temperaturilor ambiante mai ridicate.

Demontarea rulmenţilor fiind operaţia inversă montării, aceasta depinde în primul rînd de procedeul de asamblare. Pentru desfacerea îmbinărilor prin presare a rulmenţilor radiali de mărime mică şi mijlocie se va folosi un dispozitiv de demontare cu şurub construit după principiul arătat în fig. 23.12. Forţa realizabilă cu un dispozitiv cu filet este în general suficientă pentru depresarea rulmenţilor de această mărime.

Rulmenţii mari, îmbinaţi cu ulei sub presiune, se depresează cu acelaşi procedeu. Înainte de a se racorda dispozitivul cu ulei sub presiune, trebuie slăbită piuliţa de strîngere respectiv piuliţa bucşei de extracţie. După ce racordarea cu conducta de ulei a fost făcută şi uleiul a fost introdus între suprafeţele îmbinate, acestea se desprind una de cealaltă, permiţînd îndepărtarea uşoară a rulmentului de pe arbore, respectiv scoaterea bucşei de extracţie.

Inelele rulmenţilor mari cu role cilindrice se demontează prin încălzire electrică cu un dispozitiv de felul celui schiţat în fig. 23.13.

Dispozitivul prevăzut cu o tijă filetată 1 şi ghiare 2 permite demontarea comodă a inelelor încălzite. Încălzirea inelelor trebuie să se producă rapid pentru a evita încălzirea şi prin asta şi dilatarea fusului.

Asamblarea roţilor dinţate. Independent de modul în care roata dinţată se îmbină cu arborele (pană paralelă, arbore canelat, profil K, ştift transversal etc.), erorile de asamblare sînt cele arătate în fig. 23.14. şi anume îmbinare incertă datorită formei necorespunzătoare a alezajului sau a fusului (*a*); bătaie axială exagerată a corpului roţii (*b*); butucul roţii nu se reazemă pe umărul arborelui (*c*); dantura roţii are o bătaie radială prea mare (*d*). Erorile de poziţie (*a*) şi (*d*) se datoresc prelucrării necorespunzătoare,

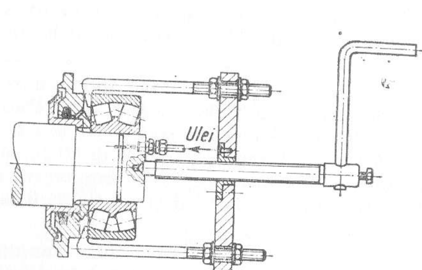


Fig. 23.12. Dispozitiv de demontare cu tijă filetată

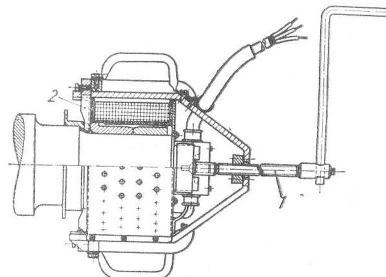


Fig. 23.13. Demontarea inelelor rulmenţilor cu role cilindrice prin încălzire prin inducţie

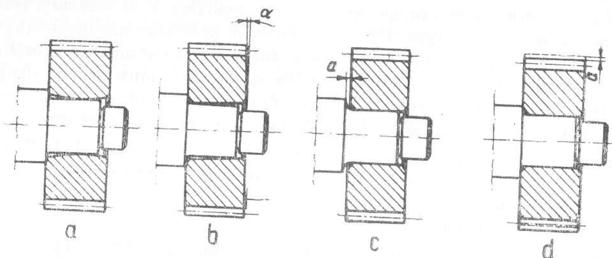


Fig. 23.14. Erorile de îmbinare a corpului unei roţi dinţate

piesele ajungînd în sectorul de asamblare din cauza controlului tehnic superficial. Erorile de poziţie de la (*c*) sînt erori tipice de asamblare **neglijentă.**

După montarea grupului de repere controlul calităţii **asamblării** se face **în** felul indicat în fig. **23.15.** Grupul de repere se prinde între vîrfurile păpuşilor dispozitivelor de control şi se controlează **bătaia** axială a corpului roţii în apropierea danturii, bătaia radială a danturii cu ajutorul unei role etalon, apoi cu o leră spion contactul între butucul roţii şi umărul arborelui. Controlul se face anume cu grupul de repere prins între vîrfuri pentru a se elimina influenţa jocurilor rulmenţilor.

După ce angrenajul a fost gata asamblat, urmează controlul calităţii asamblării grupului de repere în cadrul subansamblului, respectiv al ansamblului. Acest control se face prin verificarea petei de contact (nu trebuie confundată proba petei de contact în stare montată a angrenajului, cu proba petei de contact efectuată în stare nemontată a angrenajului, cînd cele două roţi dinţate sînt fixate pe dornuri prinse între vîrfuri).

Pentru a putea efectua acest control, danturile celor două roţi ale angrenajului supus probei vor trebui spălate şi degresate, apoi una dintre danturi vopsită cu un amestec de negru de fum şi petrol. Roata cu dantura vopsită se va roti de cîteva ori, măsurîndu-se apoi mărimea petelor lăsate pe dantura nevopsită. Pata de contact poate lua una dintre formele arătate în fig. 23.16. Pata de contact reprezentată în (*a*) are poziţie

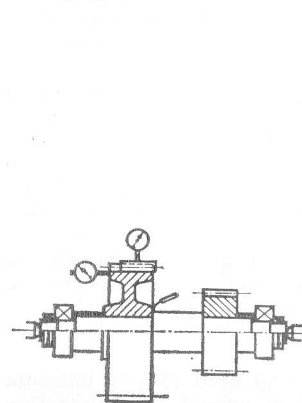


Fig. 23.15. Verificarea îmbinărilor unui grup de repere cu roţi dinţate

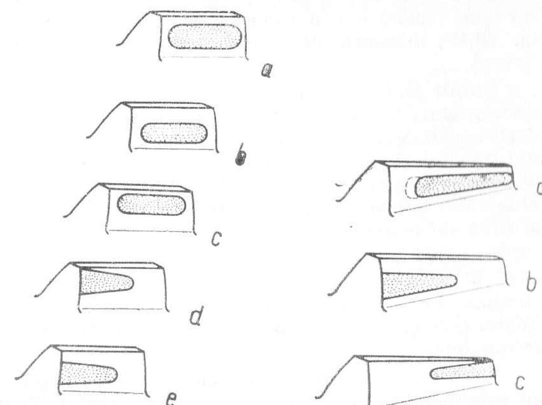


Fig. 23.16. Controlul asamblării angrenajelor cilindrice cu pata de contact

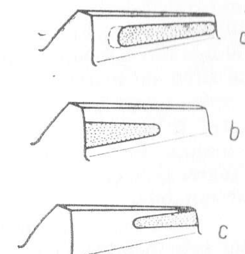


Fig. 23.17. Controlul asamblării angrenajelor conice cu pata de contact

centrală, ceea ce înseamnă că angrenajul este corect montat. Pata reprezentată în (*b*), deşi se aşează central, este plasată prea aproape de fundul dintelui, ceea ce înseamnă că alezajele lagărelor sînt coaxiale, distanţa între axe însă este prea mică. Dimpotrivă, pata reprezentată în (*c*) dovedeşte că alezajele sînt coaxiale, distanţa dintre axe este însă prea mare. Pata de contact deplasată lateral, după cum se vede în (*d*) şi (*e*), denotă că axele celor doi arbori nu sînt paralele şi ca atare angrenajul nu va asigura o funcţionare satisfăcătoare în producţie. Cauza rebutului poate fi prelucrarea greşită a alezajelor lagărelor din carcasă, sau prelucrarea necorespunzătoare a danturii roţilor dinţate care formează angrenajul. Rebutul la asamblare se datoreşte prin urmare controlului tehnic defectuos al sectorului mecanic, care a lăsat să treacă în secţia de montare produse necorespunzătoare.

În mod asemănător poziţia petei de contact este un indiciu şi pentru calitatea asamblării angrenajelor conice. Dacă organele componente au fost corect prelucrate şi corect îmbinate, pata de contact va ocupa poziţia centrală a flancului după cum se arată în fig. 23.17, *a*. La mersul în gol pata va apare puţin deplasată către vîrful conului (conturul cu linia plină), iar sub sarcină, în poziţia centrală. Orice altă poziţie centrală însă mai pronunţat deplasată a petei de contact denotă că axele de rotaţie a celor două roţi dinţate nu se intersectează în vîrful comun al celor două conuri ale roţilor.

Pata de contact formată ca şi în fig. 23.17,*b* şi *c* arată că, sau roţile dinţate nu au fost îmbinate corect cu arborii, sau axele alezajelor în carcasă nu sînt perpendiculare, sau că dantura roţilor dinţate conice prezintă abateri de la direcţia prescrisă a dinţilor. În

primul caz este vorba de o eroare de asamblare, în cazurile din urmă de erori de fabricaţie ale sectorului de prelucrare prin aşchiere.

Înainte de a se pune angrenajul asamblat în funcţionare de probă, va trebui controlat jocul între flancuri. Controlul se face prin blocarea uneia dintre roţile angrenajului şi rotirea în poziţia extremă a celeilalte. Jocul apare între flancurile opuse celor care se află în contact la perechea de dinţi care este în angrenare. Jocul se măsoară cu o leră lamă (spion) sau în cazuri greu accesibile cu un dispozitiv de felul celui arătat în fig. 23.19; mărimea lui va trebui să corespundă cu datele indicate pe desenele roţilor dinţate.

Un alt factor care determină calitatea unui ansamblul de angrenaje este efectul sonor produs de acesta în timpul funcţionării. Proba acustică reprezintă un control complex foarte concludent al calităţii asamblării. Controlul poate fi executat în mod simplu, reclamă însă o instalaţie specială. Zgomotul produs de un angrenaj al cărui nivel sonor este sub 30 foni se află în „zona liniştită". Dacă nivelul sonor al unui angrenaj nu depăşeşte 30 foni într-o încăpere, omul poate lucra netulburat. Astfel de angrenaje pot fi considerate ca fiind de foarte bună calitate.

În cazul cînd tăria zgomotului produs de funcţionarea unui angrenaj este cuprinsă între 30 şi 75 foni, zgomotul nu afectează sănătatea omului, dar îi îngreuiază munca, zgomotul fiind enervant. Un astfel de zgomot se află în „zona zgomotelor supărătoare". Angrenajele care în funcţionare produc zgomote în zona supărătoare, sînt însă de calitate acceptabilă.

Dacă însă angrenajul produce zgomot de nivel mai ridicat decît 75 foni, influenţa lui este nefavorabilă asupra activităţii omului. Zgomotul de această intensitate face ca productivitatea muncii să scadă şi pe durată lungă să afecteze chiar şi sănătatea omului. Astfel de zgomote constituie „zona zgomotelor vătămătoare". Angrenajele producînd zgomot în zona vătămătoare se consideră de calitate necorespunzătoare.

Controlul complex al calităţii asamblării angrenajelor melcate se face de asemenea cu proba de contact. Pentru efectuarea controlului de contact se vopseşte dantura melcului, după care acesta este rotit de cîteva ori. Pata de contact produsă pe fiecare flanc al danturii roţii melcate va trebui să se plaseze în zona centrală a danturii cu o uşoară deplasare înspre ieşirea din angrenare a melcului. Orice altă poziţie a petei de contact este dovada că asamblarea prezintă deficienţe. Aşa de exemplu, dacă pata de contact apare în zona centrală a flancului, însă deplasată înspre marginile acestuia, înseamnă că planul de simetrie a danturii roţii melcate nu cuprinde axa de rotaţie a melcului aşa că roata melcată va trebui deplasată în mod corespunzător pe arbore. Aşezarea în poziţie corectă a roţii melcate se face sau prin ajustare sau prin reglare. Asupra posibilităţilor poziţiei petei de contact care semnalează o asamblare greşită a unui angrenaj melcat orientează fig. 23.18. Pata de contact obţinută în poziţie centrală însă deplasată înspre piciorul dintelui (fig. 23.18,*a*), arată ca şi la roţile dinţate cilindrice că distanţa dintre axe este prea mică, iar pata plasată, către vîrful dintelui arată că distanţa dintre axe este prea mare (fig. 23.18,*b*). Petele de contact din fig. 23.18,*c* semnalează că distanţa dintre axe la prelucrarea A_p a fost mai mare decît distanţa funcţională dintre axe A. Din analiza petelor de contact din fig. 23.18,*d*, se poate trage concluzia că axa de rotaţie a melcului nu este perpendiculară pe axa roţii melcate. Petele amplasate în felul arătat în fig. 23.18,*e* semnalează deplasarea planului de simetrie a danturii roţii melcate faţă de axa de rotaţie a melcului. Această eroare de asamblare se poate remedia simplu prin ajustare sau prin reglare. Celelalte erori (fig. 23.18, *a,b,c* şi *d*) rezultă în urma prelucrării greşite a organelor componente şi nu pot fi eliminate în sectorul de asamblare.

În caz că controlul petei de contact este satisfăcător, urmează verificarea jocului între flancuri, a cărui mărime este indicată, pe desenul melcului. Jocul dintre flancuri

nu poate fi măsurat decît indirect cu un dispozitiv de felul celui reprezentat în fig. 23.19. Acesta se compune dintr-un cadran *1* cu gradaţia în grade, aşezat provizoriu pe corpul unuia dintre lagăre, şi indicatorul *2*, fixat pe arborele melcului. Roata melcată se blochează prin frînare, iar melcul se roteşte în limitele jocului dintre flancuri.

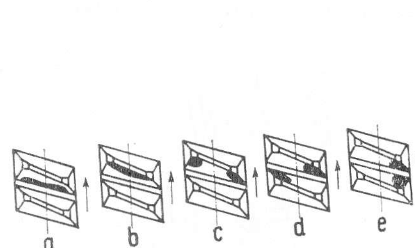


Fig. 23.18. Poziţiile posibile ale petei de contact la controlul angrenajelor melcate

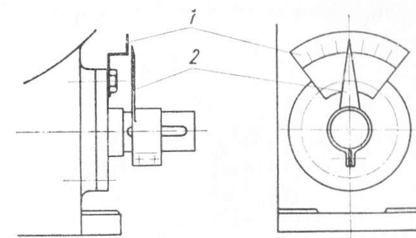


Fig. 23.19. Dispozitiv pentru determinarea jocului între flancuri

Devierea indicatorului arată jocul unghiular α, cu ajutorul căruia se calculează jocul dintre flancuri,

$$J = p\frac{\alpha}{360^\circ}\ [\text{mm}]. \tag{23.11}$$

În această relaţie p este pasul axial al melcului, mm. Dacă jocul dintre flancuri constatat este mai mic decît cel prescris, angrenajul trebuie demontat, iar spira, sau spirele melcului subţiate.

Asamblarea lagărelor de alunecare. Procesul de asamblare a lagărelor de alunecare depinde de caracterul producţiei. Lagărele produselor mari şi a celor fabricate în serie mică sau unicat se asamblează prin metoda ajustării. În fabricaţia de serie mare se aplică asamblarea prin interschimbare totală sau interschimbare parţială.

Scopul urmărit prin aceste procedee de asamblare este asigurarea portanţei lagărului şi crearea condiţiilor favorabile de ungere. Portanţa lagărului este determinată de contactul dintre suprafeţele fusului şi ale alezajului cuzinetului. Pentru lagărele de importanţă funcţională ridicată, suprafaţa de contact dintre piesa cuprinsă şi cea cuprinzătoare trebuie să fie de 80 .... 90% din suprafaţa activă a alezajului cuzinetului, iar pentru lagăre de importanţă funcţională secundară, de 70 ... 80%. Este evident că, cu cît precizia de formă a suprafeţei cuprinse şi celei cuprinzătoare va fi mai mare, cu atît mai mare va fi aderenţa acestora şi cu aceasta şi capacitatea de portanţă a lagărului.

Precizia de formă a suprafeţei cuprinzătoare şi a celei cuprinse se determină în concordanţă cu condiţia dată de inegalitatea (23.2).

După ce s-a constatat că cele două suprafeţe corespund, urmează să se verifice portanţa acestora. Verificarea se face cu un calibru, vopsit cu negru de fum sau albastru de Paris, în felul arătat în fig. 23.20. Rotind calibrul la stînga şi la dreapta, pe suprafaţa alezajului se imprimă o pată, care corespunde cu suprafaţa portantă a cuzinetului. Mărimea acesteia va trebui să satisfacă condiţia de mai sus. În caz contrar suprafaţa portantă a cuzinetului va trebui răzuită, pînă va corespunde acestor condiţii. Dacă

fusul a fost prelucrat corect şi a corespuns la proba de control a preciziei de formă, buna calitate a îmbinării este asigurată.

Pentru a uşura formarea penei de ulei şi a favoriza ungerea hidrodinamică, în lungul cuzinetului, pe ambele laturi, se răzuiesc lăcaşuri în felul indicat în fig. 23.21. Este întru totul nepotrivită formarea aşa numitelor „canale de ungere" pe suprafaţa activă a cuzinetului, acestea avînd efect dăunător, putînd periclita chiar buna funcţionare a lagărului.

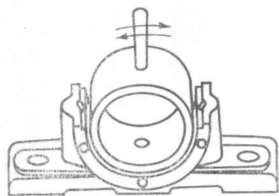


Fig. 23.20. Calibru pentru controlul suprafeţei portante a unui cuzinet

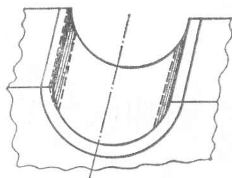


Fig. 23.21. Răzuirea în cuzinet a locaşului pentru ulei.

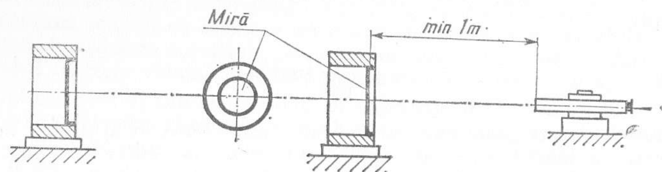


Fig. 23.22. Centrarea cu luneta a mai multor lagăre individuale

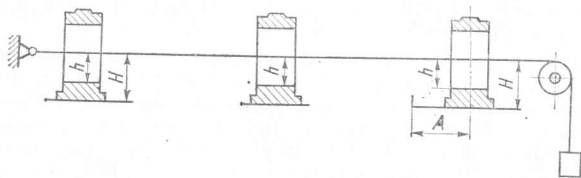


Fig. 23.23. Centrarea cu coarda de pian a mai multor lagăre individuale

Dacă corpul lagărului face corp comun cu carcasa angrenajului, după aceste lucrări pregătitoare fusul poate fi aşezat în lagăr şi capacul lagărului poate fi fixat. În cazul însă cînd se asamblează lagăre individuale, după lucrările pregătitoare, corpul lagărului se fixează pe carcasă, urmînd apoi centrarea cu lagărul opus, pentru a se obţine coaxialitatea între alezajele lagărelor. Lagărele cu funcţionare importantă se centrează cu ajutorul unor lunete şi unor mire. Schema unei astfel de centrări este reprezentată în fig. 23.22. Lagărele de importanţă funcţională secundară se centrează cu ajutorul unei corzi de pian de 0,2 ... 0,5 mm grosime în felul arătat în fig. 23.23. Pentru a se asigura

întinderea suficientă a corzii, aceasta va fi încărcată cu o sarcină egală cu 0,3 ... 0,5 din forţa de rupere a corzii. Coarda întinsă materializînd axa sistemului, lagărele se reglează după poziţia acesteia cu ajutorul înălţimii axei H, a cotei de referinţă A şi a cotei ajutătoare h. Cota h se determină de obicei cu un dispozitiv. După centrare se aşază arborele în lagăre şi se strînge capacul fiecăruia. Strîngerea cea mai eficace a piuliţelor se obţine, bineînţeles, folosind o cheie dinamometrică sau un dispozitiv cu strîngere hidraulică, care permit realizarea uniformă a forţei de prestrîngere necesară. Înşurubarea controlată a piuliţelor lagărelor este deosebit de importantă în cazul unor produse de performanţă (motoare cu ardere internă, compresoare, turbine, maşini miniere etc.)

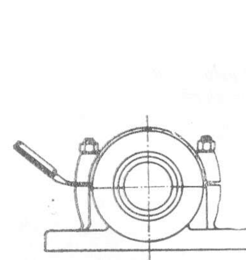


Fig. 23.24. Verificarea îmbinării capacului cu corpul lagărului

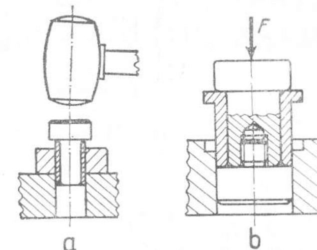


Fig. 23.25. Presarea cuzineţilor dintr-o singură bucată în corpul lagărului

În încheiere urmează verificarea existenţei interstiţiului dintre capac şi corpul lagărului (fig. 23.24), care confirmă aşezarea corectă a suprafeţelor de contact ale celor două piese.

Cuzineţii lagărelor de alunecare executate dintr-o singură bucată se asamblează prin presare cu ajutorul unui dispozitiv. Presarea cuzineţilor cu diametru mic (pînă la Ø 50 mm) se face manual, după cum se arată în fig. 23.25,*a*. Cuzineţii cu diametru peste 50 mm se îmbină în alezajul carcasei cu ajutorul unei prese hidraulice de masă în felul reprezentat în fig. 23.25,*b*.

Avînd în vedere că în urma presării alezajul cuzinetului se va micşora, presarea este urmată de o calibrare cu o bilă sau cu un dorn, avînd diametrul corespunzător cotei finite a alezajului. Calibrarea se face de asemenea cu ajutorul unei prese hidraulice.

Atît cuzineţii secţionaţi, cît şi cei dintr-o singură bucată trebuie blocaţi contra rotirii şi a deplasării axiale. În acest scop, proiectantul prevede ştifturi, care la cuzineţii secţionaţi se plasează la locul prevăzut înainte, iar la cuzineţii dintr-o singură bucată după asamblare.

Asamblarea arborilor compuşi. Problema de bază care apare la asamblarea arborilor compuşi este asigurarea coaxialităţii tronsoanelor asamblate. După cum se poate vedea în fig. 23.26 unul dintre tronsoane este de obicei, montat; se presupune că, în cazul de faţă, acesta este tronsonul din stînga, urmînd ca celălalt tronson să fie orientat după primul. Acest lucru se face cu ajutorul unui dispozitiv cu ceas comparator, de felul celui reprezentat în fig. 23.27,*a*. Se fac două măsurători una în plan vertical măsurîndu-se mărimea ε, iar cealaltă în plan orizontal măsurîndu-se mărimea δ. Abaterile constatate se elimină prin ajustarea sau reglarea plăcilor de bază ale lagărelor arborelui neorientat încă. Concordanţa poziţiei orizontale a celor doi arbori se verifică cu o nivelă cu bulă de aer, avînd precizia de indicare de 0,03/1000 mm sau 0,05/1000 mm. Mai simplă este

măsurarea abaterilor cu ajutorul dispozitivului arătat în fig. 23.27,*b*, cu care abaterile se pot măsura cu o leră cu lame (spion). Dispozitivul se compune din două flanşe. Acestea sînt aşezate deplasabil în sens axial pe arbore, pentru uşurarea montării şi demontării lor. Măsurătorile se fac în plan vertical şi rotind apoi una dintre flanşe, în plan orizontal,

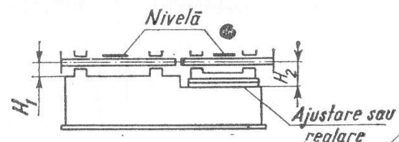


Fig. 23.26. Verificarea coaxialităţii arborilor care trebuie asamblaţi

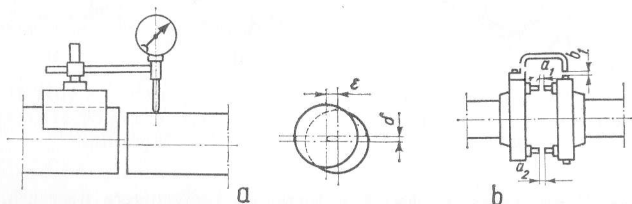


Fig. 23.27. Dispozitiv pentru controlul coaxialităţii a doi arbori:

a — cu ceas comparator; *b* — cu flanşă şi indicator de fantă

urmînd să se ajusteze, sau să se regleze plăcile de bază ale lagărelor arborelui. Notaţiile a_1, a_2 şi b_1 indică locurile de măsurare. Măsurătorile, ajustările şi reglările vor trebui repetate pînă ce se ajunge la precizia dorită a centrării. După centrarea efectuată, urmează asamblarea montînd cuplajul prescris în acest scop.

24. MECANIZAREA ŞI AUTOMATIZAREA OPERAŢIILOR DE ASAMBLARE

24.1. CONSIDERAŢII GENERALE

În cursul asamblării unui produs al industriei constructoare de maşini vor trebui satisfăcute următoarele condiţii: deplasarea piesei la locul de îmbinare; orientarea în spaţiu a suprafeţelor piesei de asamblat în raport cu piesa conjugată, cu precizia necesară; orientarea în spaţiu cu precizia necesară a dispozitivelor şi sculelor, necesare realizării îmbinării pieselor conjugate; îmbinarea pieselor conjugate; verificarea calităţii îmbinării.

Prima şi a patra condiţie se îndeplinesc, în majoritatea cazurilor, mecanic sau automat, cu ajutorul unor scule sau dispozitive adecvate.

Celelalte condiţii care sînt legate de rezolvarea unor lanţuri de dimensiuni, face necesară, în general, intervenţia muncitorului montator. Mecanizarea, îndeosebi însă automatizarea acestor operaţii, ridică unele probleme de ordin tehnic care, în majoritatea cazurilor, nu au putut fi rezolvate economic, nici chiar la nivelul actual al dezvoltării ştiinţei şi tehnicii.

Eficienţa economică a mecanizării şi automatizării proceselor tehnologice de asamblare este limitată mai puţin de amortizarea investiţiilor pentru utilajul de asamblare necesar, îndeosebi la asamblarea produselor de mare complexitate, cît înainte de toate, de siguranţa în funcţionare a acestora, deoarece orice defecţiune a utilajului de asamblare nseamnă întreruperea producţiei. La construcţia unui utilaj de asamblare de formă complexă va trebui avută în vedere frecvenţa deranjamentelor posibile, care, evident, creşte cu numărul organelor componente. Notînd cu p probabilitatea medie de defectare, în promil (la mie), într-o perioadă convenţională de timp, de exemplu 1000 ore, a unui organ funcţional important, siguranţa de funcţionare S_i a acestui organ va fi:

$$S_i = 1 - \frac{p}{1000}\,. \tag{24.1}$$

Siguranţa de funcţionare a utilajului întreg de asamblare S_t se poate exprima, prin urmare, cu relaţia:

$$S_t = S_i^n, \tag{24.2}$$

în care n reprezintă numărul organelor funcţionale importante. Numărul elementelor constructive apărînd ca exponent, acesta influenţează în cea mai mare măsură siguranţa de funcţionare a unui utilaj de asamblare [15].

În afara problemelor privind siguranţa în serviciu, apar la proiectarea mecanismelor de asamblare o seamă de dificultăţi constructive, legate de rezolvarea unor probleme de lanţuri de dimensiuni, caracteristice acestor mecanisme.

Dificultățile arătate, caracteristice pentru utilajul de asamblare, explică faptul că tehnologia asamblării în general nu a depășit încă stadiul mecanizării complexe și explică totodată și rămînerea în urmă a automatizării proceselor tehnologice complexe de asamblare, în comparație de exemplu, cu procesele tehnologice de prelucrare prin așchiere.

Într-adevăr, în prezent automatizarea proceselor tehnologice de asamblare se rezumă doar la unele operații simple, de exemplu la îmbinările prin filet, sau la asamblarea unor produse de complexitate redusă care se pot asambla prin interschimbarea totală sau selectivă, și la care organele componente se autoorientează, cum ar fi lanțurile cu role, unele tipuri de rulmenți, balamalele etc.

24.2. UTILAJE SPECIFICE FOLOSITE ÎN TEHNOLOGIA ASAMBLĂRII

Datorită diversității mari a îmbinărilor și a caracterului specific al acestora, utilajul folosit în tehnologia asamblării pentru executarea mecanică sau automată a acestora este foarte variat. În cele ce urmează, se vor descrie numai utilajele caracteristice.

O varietate mare constructivă caracterizează sculele folosite pentru îmbinările cu filet. În producția de unicate pentru înșurubarea prezoanelor se folosesc scule și dispozitive simple, în general fără verificarea directă a prestrîngerii.

În producția de serie mică se recomandă dispozitive de înșurubat, construite după principiul aplicat la cheia reprezentată în fig. 24.1, deoarece folosirea acestora este mai simplă, iar productivitatea muncii este cu mult mai mare. Cheia se compune dintr-o bucșă cu gheare *2*, care se poate roti cu ajutorul bilelor aflate în canalul corpului *1*. În fig. 24.1,*a*, cheia este reprezentată în momentul în care șurubul prezon va fi prins de fălcile *3*. Filetul superior al șurubului prezon se înșurubează în fălci, pînă ce capătul prezonului va împinge butonul *4* în sus, comprimînd arcul și împingînd bucșa cu gheare *2* în sus (fig. 24.1,*b*). Bilele vor fi împinse în afara canalului, iar ghearele bucșei *2* se vor cupla cu ghearele din corpul *1* al dispozitivului. În această poziție a cheii începe înșurubarea filetului inferior al prezonului în piesa conjugată. În momentul în care cupa *5* atinge piesa conjugată bucșa cu gheare continuă să se rotească și să coboare, pînă ghearele se vor decupla permițînd fălcilor *3* să se desprindă de șurubul prezon. Cheia permite reglarea momentului de prestrîngere prin strîngerea sau slăbirea arcului central. Mărimea momentului de prestrîngere necesar se poate calcula.

În producția de serie mare, înșurubarea șuruburilor cu cap crestat se execută semiautomat, cu ajutorul unui utilaj de construcție arătată în fig. 24.2,*a*. În partea de jos a arborelui *3* se fixează scula de lucru. Din magazinul *5*, șurubul (sau piulița) înaintează pe jgheabul *7* către receptorul *2*. Magazinul *5* este acționat de un motor electric prin reductorul *4*, care acționează și dispozitivul pentru înșurubarea fiecărui șurub (sau piuliță) în parte.

În fig. 24.2, *b* se arată mecanismul de înșurubare cu șurubelnița *8*. La coborîrea arborelui, șurubelnița nimerește în crestătura șurubului. Șurubul *10* începe a se roti, înșurubîndu-se.

În acest timp, semibucșa receptorului *2* se sprijină pe vîrful *9*, realizîndu-se eliberarea șurubului. După înșurubare, arborele se deplasează în sus, semibucșa se va sprijini pe reazemul superior *6*, permițînd în această poziție prinderea următorului șurub care vine pe jgheab, după care procesul de înșurubare se repetă.

În ceea ce privește piulițele, acestea se înșurubează în producția de unicate în ultima vreme cu chei dinamometrice de felul celor arătate în fig. 22.7 și 22.8 sau cu chei cu

limitarea mecanică a momentului de prestrîngere. Construcția unei astfel de chei se arată în fig. 24.3.

Pe arborele principal *1* al cheii se află capul *2*, avînd dimensiunile corespunzătoare piuliței care trebuie strînsă; capul este fixat cu ajutorul inelului *3*. Piulița *4* și contra

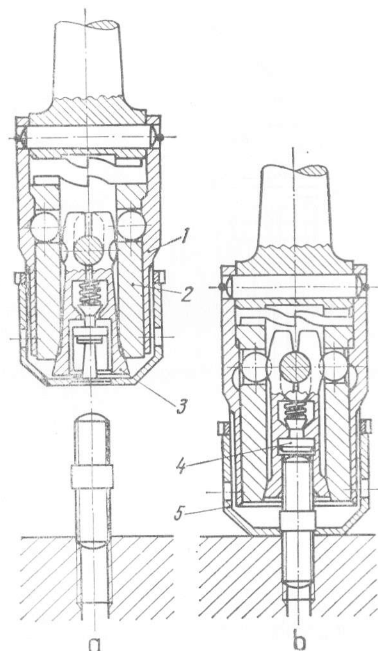


Fig. 24.1. Cheie pentru strîngerea șuruburilor prezon cu limitarea mecanică a momentului de prestrîngere mecanică

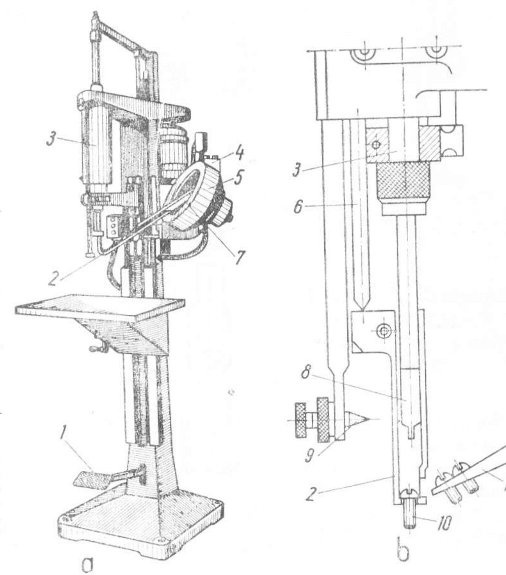


Fig. 24.2. Utilaj pentru înșurubarea automată a șuruburilor cu cap crestat

piulița *5* servesc la reglarea întinderii arcului *6*. La celălalt capăt al arborelui principal *1* este așezat, prin presare, bolțul *7*, ale cărui capete intră în tăieturile înclinate ale bucșei *8*. Bucșa este presată de un arc *6* pe umărul arborelui principal și este cuplată cu gheare cu bucșa *9*. Aceasta din urmă este fixată de arborele principal *1*, cu ajutorul șurubului *10* care permite însă rotirea bucșei *9* față de acesta. Cînd forța aplicată asupra mînerului *11* depășește forța limită de strîngere, bolțul *7* alunecă în tăietura încrestată a bucșei *8*, trăgînd-o în jos și decuplînd-o de bucșa *9*, împreună cu mînerul *11* care se vor roti în gol.

Dezavantajul acestor dispozitive constă în dimensiunile lor relativ mari.

În vederea etalonării, arcul este strîns, în prealabil, pînă la o anumită valoare, la care angrenarea cuplajului cu cheie asigură transmiterea unui anumit moment de pretensiune.

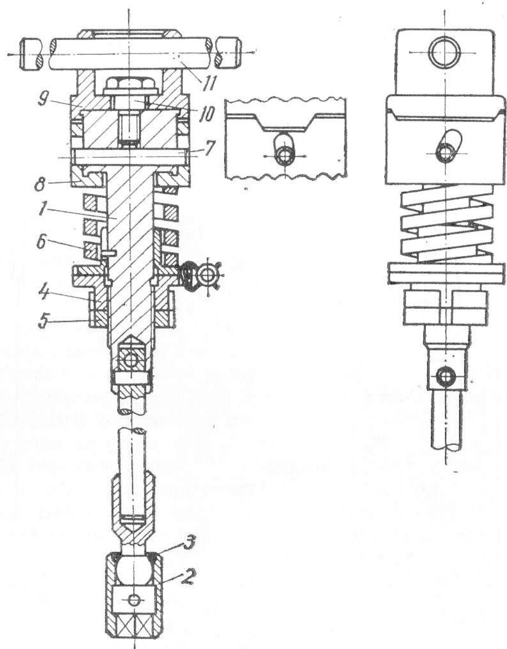


Fig. 24.3. Dispozitiv pentru înşurubarea piuliţelor cu limitarea mecanică a momentului de prestrîngere

În producţia de serie mare se folosesc, pentru înşurubarea prezoanelor şi a piuliţelor, dispozitive cu tije de lucru multiple, de felul celui reprezentat în fig. 24.4. Acţionarea tijelor, respectiv a elementelor de înşurubare se face în general hidraulic sau electric.

Penele paralele se îmbină în canalul din arbore prin ajustaj cu strîngere. În fabricaţia de unicate sau de serie mică, penele paralele se presează în locaş prin lovituri uşoare date cu un ciocan din masă plastică, sau cu ajutorul unui dispozitiv a cărui construcţie este arătată în fig. 24.5. Berbecul *3*, ghidat pe tija2 , se ridică pînă la opritorul *1* şi prin cădere liberă loveşte, prin intermediul unei nicovale *4* pana, pînă ce aceasta se aşează în canal. În producţia de serie mare este mai productivă presarea penei în canal cu ajutorul unei prese hidraulice de masă. Pentru a se evita deformarea arborelui în cursul operaţiei, acesta va trebui sprijinit pe prisme.

Dispozitivul reprezentat în fig. 24.5 se poate folosi şi la demontarea penelor paralele. În acest caz, în gaura filetată din pană se înşurubează piesa filetată *4* şi lovind berbecul de opritorul *1* se va produce îndepărtarea penei.

Roţile baladoare se îmbină cu arborele canelat cu ajustaj cu joc, asamblarea executîndu-se, în general, manual. În producţia de serie mare asamblarea se face cu dispozitive de poziţionare reciprocă a pieselor. Calitatea îmbinării se controlează cu grupul de piese fixat între vîrfuri conform schemei din fig. 23.15 verificîndu-se cu comparatorul bătaia axială (fularea) roţii baladoare şi jocul circumferenţial dintre dantura arborelui şi roţii.

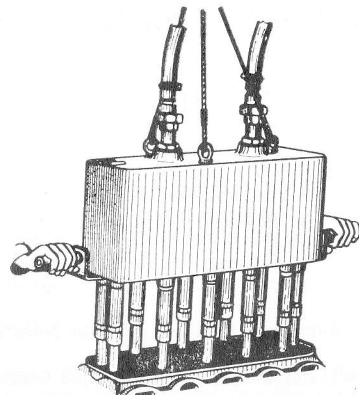


Fig. 24.4. Dispozitiv de înşurubare multiax

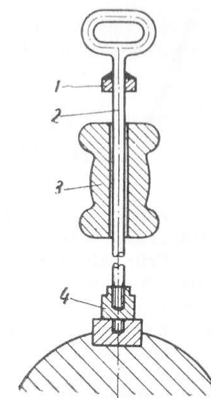


Fig. 24.5. Dispozitiv pentru montarea şi demontarea penelor paralele

Penele cu înclinare (penele înalte sau penele tangenţiale) se folosesc în producţia de unicate, sau de serie mică. Montarea şi demontarea lor se face prin lovituri date cu ciocanul, sau cu ajutorul unui dispozitiv construit după principiul arătat în fig. 24.5.

Îmbinările cu strîngere a pieselor mici şi mijlocii în producţia de unicate şi de serie mică se execută de obicei manual (fig. 23.5 şi 23.25, *a*). În producţia de serie se folosesc dispozitive mecanice (fig. 23.8) sau hidraulice. Piesele grele se asamblează prin presare cu prese hidraulice sau prin fretare.

Deşi folosirea noilor mijloace tehnice crează condiţii organizatorice favorabile automatizării tehnologiei asamblării, totuşi aceasta se aplică în prezent doar asupra unor operaţii izolate şi mai rar asupra succesiunii de operaţii, sau asupra unei tehnologii complete de asamblare. Cauzele, care limitează deocamdată generalizarea automatizării proceselor tehnologice de asamblare, au fost expuse în paragraful premergător. Perfecţionarea tehnicii va avea, evident, drept urmare extinderea tot mai mare a automatizării şi în procesele tehnologice de asamblare.

25. LUCRĂRILE DE ÎNCHEIERE ÎN TEHNOLOGIA ASAMBLĂRII

25.1 CONTROLUL TEHNIC ŞI PROCESUL TEHNOLOGIC DE ASAMBLARE

După terminarea procesului tehnologic de asamblare a unui produs va trebui controlată calitatea lucrărilor de asamblare, respectiv calitatea produsului final.

Prin calitatea lucrărilor de asamblare se înţelege gradul de concordanţă între capacitatea prescrisă în caietul de sarcini a produsului de a îndeplini anumite funcţiuni, în anumite condiţii de lucru, caracterizat prin indici stabiliţi în funcţie de destinaţia produsului şi performanţa reală a acestuia.

În timpul realizării procesului tehnologic de asamblare pot să apară diferite defecte de asamblare.

Defectele de asamblare sînt de mai multe categorii: defecte de ajustaje, adică nerespectarea jocurilor şi a strîngerilor stabilite în proiect; defecte de poziţie, adică lipsa de coaxialitate, bătăi axiale şi radiale exagerate, poziţie improprie a reperelor etc.; deformaţii, deformarea elastică sau permanentă a unor repere datorită strîngerilor exagerate la asamblare sau lipsei de detensionare după prelucrarea la cald a piesei; defecte de suprafaţă, lovituri sau zgîrieturi ivite în cursul asamblării; defecte de echilibrare; defecte ce apar datorită stării locului de muncă: resturi de pilituri, praf abraziv, noroi, diferite impurităţi.

Aceste defecte se pot constata abia în timpul efectuării rodării preliminare şi a recepţiei interne a produsului.

25.2. RODAJUL PRELIMINAR AL PRODUSULUI ASAMBLAT

Scopul rodajului preliminar este pe de o parte acomodarea între ele a suprafeţelor conjugate ale organelor mobile, pe de altă parte verificarea faptului dacă unitatea asamblată sau produsul industrial răspunde la comenzile prevăzute în proiect.

Durata de rodare a unui produs industrial nou asamblat variază între 2...5 zile, în funcţie de felul produsului, de precizia şi complexitatea lui.

Rodajul preliminar se face la mersul în gol al maşinii. Înainte de pornire sau de începerea rodajului, se vor spăla cu petrol rafinat sau benzină, piesele mobile, cutiile de viteză, articulaţiile, lagărele etc. După ce s-au uscat toate locurile de ungere, se umple cu cantitatea de ulei prescrisă. Apoi se cuplează maşina, respectiv subansamblurile acesteia, în mod succesiv.

În cursul rodajului, se urmăreşte comportarea organelor mobile şi a tuturor îmbinărilor. Dacă se constată că îmbinările mobile nu funcţionează corespunzător, constatîndu-se

încălziri exagerate sau un mers zgomotos, maşina trebuie oprită pentru a se elimina cauza deranjamentului.

Temperatura lagărelor şi angrenajelor se controlează continuu cu termometrul aşezat în baia de ulei sau la un loc adecvat.

La început temperatura va creşte mai rapid, după un timp oarecare de funcţionare, ea devine aproape stabilă, cu o creştere foarte mică. Temperatura atinsă, numită tempera-

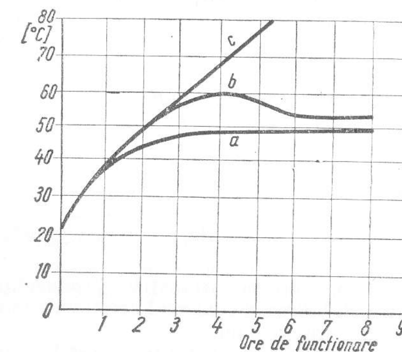


Fig. 25.1. Diagrama de variaţie a temperaturii de funcţionare a unei maşini:
a — variaţa temperaturii în timpul rodajului; b — variaţia temperaturii la funcţionare normală; c — variaţia temperaturii la funcţionare defectuoasă

tură de regim, se menţine cu 30...50 °C peste temperatura ambiantă în funcţie de tipul maşinii, de felul îmbinării, de calitatea lubrifiantului şi de mărimea turaţiei suprafeţelor conjugate.

Este necesar ca în timpul rodajului să se ridice diagrame de variaţie a temperaturii în timp. O astfel de diagramă se vede în fig. 25.1. Aceste diagrame se pot compara cu diagrama de funcţionare normală a maşinii, putîndu-se judeca astfel starea în care se găseşte maşina respectivă.

După o funcţionare de cca. 8 ore, lubrifiantul trebuie eliminat din maşină şi introdus lubrifiant proaspăt.

Rodarea se efectuează într-un regim progresiv. La început maşina va lucra cu turaţia minimă şi în mod treptat va ajunge la turaţia maximă. Turaţia maximă se admite numai la sfîrşitul operaţiei de rodare preliminară şi pentru un timp scurt de (1/2...1 oră). Orice mers zgomotos sau cu trepidaţii va fi un semn de funcţionare nesatisfăcătoare, necesitînd o remediere a cauzelor care au provocat-o.

Cînd funcţionarea maşinii este stabilă şi temperatura de regim rămîne neschimbată, rodajul preliminar poate fi considerat terminat şi se poate trece la probele de recepţie a maşinii.

Prin acest rodaj preliminar, produsul nu se consideră rodat definitiv. La beneficiar se va face un rodaj de durată la mersul în gol şi apoi sub sarcină redusă.

25.3. DOCUMENTELE PRODUSELOR INDUSTRIEI CONSTRUCTOARE DE MAȘINI

Înainte de a se trimite mașina rodată preliminar la recepție, vor trebui întocmite documentele, în care se precizează caracteristicile produsului, performanțele lui tehnice și calitatea execuției.

Documentele produsului servesc la identificarea sa. În industria constructoare de mașini, fiecare produs industrial trebuie să aibă următoarele documente:

— cartea mașinii; caietul de sarcini sau standardul cu condițiile de recepție; procesul verbal de omologare; fișa de recepție internă; fișa de recepție definitivă; prospectul.

Cartea mașinii conține indicații precise și obligatorii asupra proprietăților și performanțelor produsului, precum și asupra modului de exploatare și de întreținere economică a acestuia.

În acest scop, cartea mașinii va cuprinde: caracteristicile tehnice; performanțe, gabarit, greutate; condițiile de funcționare; datele tehnice și desenul fundației; condițiile de transportare, de asamblare, de descărcare, de așezare și fixare pe fundație; indicațiuni privind problemele energetice; modul de mînuire, exploatare și întreținere; lista pieselor rezervă.

Caietul de sarcini conține, în afara performanțelor produsului cu indicarea limitelor admisibile, și condițiile pentru stabilirea și controlul acestora, precum și unele particularități recomandate de proiectantul produsului.

Deoarece indicațiile din caietul de sarcini sînt în strînsă legătură cu fabricația produsului, caietul de sarcini se întocmește de către proiectant de comun acord cu uzina producătoare.

În caietul de sarcini se arată probele la care trebuie supus și la care trebuie să corespundă produsul. Probele de verificare se împart în două grupe: probe statice; probe dinamice.

Probele de verificare statică constau în controlul dimensional al produsului și controlul preciziei poziționale a diferitelor organe principale în stare de repaos. Deoarece verificările statice nu dau o imagine obiectivă asupra comportării produsului în timpul funcționării, se impune și verificarea dinamică.

Probele de verificare dinamică se referă la: controlul verificării produsului în mers în gol; performanțele produsului sub sarcină; controlul în legătură cu vibrațiile și zgomotul în decursul funcționării și controlul elementelor de etanșare.

Pentru recepționarea produselor industriale de importanță deosebită pentru economia națională, s-au creat condiții unitare de recepție fixate prin standarde de stat.

Procesul verbal de omologare se referă la prototipul unui produs asimilat, destinat fabricației de serie.

Înainte de a se lansa produsul în fabricație, prototipul acestuia va trebui cercetat și verificat dacă producerea lui reprezintă avantaje pentru economia națională, dacă performanțele corespund cu performanțele produselor similare de pe piața mondială și dacă construcția lui corespunde nivelului tehnicii avansate. Constatările și observațiile se fac de către o comisie republicană din care fac parte: delegatul instituției tutelare și reprezentanți ai întreprinderii producătoare, specialiști din alte instituții și întreprinderi cu caracter similar și eventual reprezentantul beneficiarului.

Constatările și observațiile comisiei se trec în procesul verbal de omologare. Produsul va putea fi lansat în fabricație de serie numai dacă comisia a constatat că prototipul corespunde condițiilor arătate mai sus și condițiilor precizate de caietul de sarcini.

Fișa de recepție internă conține rezultatele controlului tehnic, efectuat imediat după rodajul preliminar. Rezultatele se vor trece într-un formular, întocmit corespunzător condițiilor de recepție precizate în caietul de sarcini sau în standardul de recepție. Produsele care nu corespund acestor condiții se consideră rebut și se retrimit la sectorul mecanic sau de montaj pentru remediere. Rezultatele obținute reprezintă un indicator asupra tehnicității uzinei producătoare. Cu cît indicii de calitate a produsului se apropie mai mult de cei prevăzuți în caietul de sarcini, cu atît mai ridicat va fi nivelul tehnic al întreprinderii. Variația indicilor de calitate a produselor oglindește variația tehnicității întreprinderilor.

Fișa de recepție definitivă se întocmește în prezența delegatului beneficiarului sau a împuternicitului acestuia. Cu ocazia recepției definitive se repetă probele făcute la recepția internă, trecîndu-se rezultatele în fișa de recepție definitivă.

Uneori fișa de recepție internă și cea de recepție definitivă se întocmesc pe un formular comun.

Prospectul (catalogul) produselor industriale nu constituie un document al produsului în sensul celor arătate mai sus. Prospectul servește doar la orientarea beneficiarului asupra posibilităților tehnice ale produsului, asupra gabaritului și a greutății, a consumului de energie al acestuia, pentru ca beneficiarul să-și poată forma o părere în ce măsură produsul pe care-l achiziționează îi corespunde programului său de producție.

Prospectul este prin urmare documentul de primă orientare a beneficiarului asupra produsului. Este documentul folosit de către furnizor pentru popularizarea produsului.

25.4. URMĂRIREA ÎN PRODUCȚIE A PRODUSELOR INDUSTRIEI CONSTRUCTOARE DE MAȘINI

Comportarea mijloacelor de producție în timpul exploatării este indiciul principal al calității lor. Din acest motiv este deosebit de importantă urmărirea comportării lor în producție, deoarece atît proiectantul cît și tehnologul pot trage învățăminte și pot primi sugestii folositoare în vederea îmbunătățirii calității produselor.

În cursul funcționării sub sarcină a produselor, pot apare unele lipsuri sau deficiențe care în timpul scurt al rodajului nu s-au putut încă manifesta. Astfel, de exemplu uzura rapidă a unor organe mobile va semnala că alegerea materialului sau calitatea prescrisă a uleiului de ungere, sau tratamentul termic al materialului ales nu a fost corespunzător.

Amplasarea greu accesibilă a organelor de ungere sau a celor de comandă, constatată în producție de muncitorul mînuitor, va permite aducerea unor modificări constructive din partea proiectantului.

Uneori muncitorul mînuitor sau maistrul sectorului în care lucrează noul utilaj va sugera completarea cu subansambluri sau cu mecanisme suplimentare, în vederea ușurării muncii fizice a muncitorului, a măririi productivității muncii sau a securității muncii.

Reclamațiile și sugestiile beneficiarilor privind un produs nou se pot împărți în general în categoria acelora care sesizează aceeași deficiență și în categoria reclamațiilor și a sugestiilor care se referă la lipsuri și deficiențe diferite.

În primul caz, cauzele deficiențelor vor trebui căutate în domeniul proiectării. Reclamațiile nesistematice din a doua categorie sînt un indiciu că tehnologia fabricației prezintă unele deficiențe.

Cauzele deficiențelor trebuie depistate pentru a se elimina sursa lor, iar sugestiile făcute trebuie studiate de colectivele interesate, luîndu-se măsuri pentru a se adapta produsul progresului tehnic.

BIBLIOGRAFIE (cap. 20—25)

1. ESCHMANN ş.a. *Die Wälzlagerpraxis*. München, Oldenbourg, 1953.
2. FEDERN, K. *Auswuchtechnik I şi II* (Werkblatt 145 şi 22/222). München, C. Hanser.
3. FEDERN, K. *Unwuchttoleranzen rotiernder Körper*. „Werkstatt-und Betrieb", nr. 5, 1953.
4. FEDOROV, B. F. *Mecanizarea şi automatizarea montajului în construcţia de maşini*. Bucureşti, Editura tehnică, 1961.
5. FEDOROV, B. F. *Mehanizaţia şi avtomatizaţia slesarno sborocinîh rabot*. Moscva, Maşghiz, 1962.
6. IVANOV, M. P. *Mecanizarea şi automatizarea proceselor tehnologice în construcţia de maşini*. Bucureşti, Editura tehnică, 1961.
7. KORBULY, L., SZÉCSI, L. *Gépek szerelés*. Budapest, 1954.
8. KORSAKOV, V. I., NOVIKOV, M. P. *Spravocinik po mehanizaţii i avtomatizaţii sborocinîh rabot*. Moscva, Maşghiz, 1961.
9. LĂZĂRESCU, D. I. *Toleranţe, ajustaje, calibre*. Bucureşti, Editura tehnică, 1963.
10. MANEA, GH. ş.a. *Organe de maşini*. Vol. I şi II. Bucureşti, Editura tehnică, 1958.
11. NOVIKOV, M. P. *Osnovî tehnologhii sborki maşin i mehanizmov*. Moscova, Maşghiz, 1962.
12. POPOVICI, C. ş.a. *Tehnologia construcţiei de maşini*. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1967.
13. RABINOVICI, A. N. *Mecanizarea şi automatizarea complexă în construcţia de maşini şi aparate*. Bucureşti, Editura tehnică, 1962.
14. RADU, T. şi BREBENEL, D. *Maşini, dispozitive şi metode de echilibrare statică şi dinamică*. Bucureşti, Editura tehnică, 1967.
15. SIMON, W. *Conducerea numerică a maşinilor-unelte*. Bucureşti, Editura tehnică, 1966.
16. SPITZER, I. ş.a. *Rulmenţi*. Bucureşti, Editura tehnică, 1963.
17. VÖLKENING, W. *Ein und Ausbau von mittleren und grossen Wälzlagern in schewierigen Fällen*. Industrie-Anzeiger nr. 63, 1957.
18. * * * *Manualul inginerului mecanic*. Vol. III. Secţ. III. Bucureşti, Editura tehnică, 1952.
19. * * * *Maşinostroenie*. Vol. 5 şi 14. Moscova, Maşghiz.

V. CONTROLUL TEHNIC ÎN CONSTRUCŢIA DE MAŞINI

26. ORGANIZAREA CONTROLULUI

26.1. FORME TEHNICO-ORGANIZATORICE DE CONTROL

Se deosebesc două forme importante de control tehnic al calității, și anume: *controlul pasiv* și *controlul activ*.

Controlul pasiv în industria constructoare de mașini constă în stabilirea calității pieselor finite și a produselor montate. Aplicîndu-se după uzinarea pieselor și montarea mașinilor, se pot evita erorile de măsurare provocate de diferiți factori care intervin în timpul prelucrării (căldura degajată în timpul așchierii, deformații în sistemul piesă-mașină-unealtă, vibrații etc.). Această formă de control nu permite prevenirea apariției rebuturilor.

Controlul activ, numit astfel pentru că se aplică în timpul prelucrării pe mașini-unelte, reprezintă o formă perfecționată a controlului tehnic de calitate. Luînd în considerare principalii factori perturbatori care provoacă abateri de prelucrare și erori de măsurare, poate preveni apariția rebuturilor.

26.1.1. CONTROLUL PASIV

După cantitatea de piese verificate, există mai multe tipuri de control pasiv, și anume: control integral, control pe bază de probe, control statistic.

Controlul integral (control 100%) constă în verificarea tuturor produselor. Se aplică la toate tipurile de producție, în special la producția individuală și în serii mici. Este necesar în următoarele cazuri: cînd calitatea materialelor, semifabricatelor sau pieselor obținute prin colaborare nu este omogenă; cînd procesele tehnologice sînt nestabile și nu asigură uniformitatea pieselor; după operații la care se obțin multe rebuturi; după operații foarte importante, hotărîtoare pentru operațiile următoare; la piese importante, care se obțin printr-o tehnologie complicată și costisitoare; la încercarea produselor a căror uniformitate nu se poate asigura prin procesul tehnologic de montare. Experiența arată că la aplicarea acestui tip de control se consumă un timp egal cu aproximativ 25–40% din timpul total necesar pentru executarea operațiilor productive.

Controlul pe bază de probe constă în verificarea calității la un număr restrîns de piese ori de produse, extrase din loturile sau din seriile executate. Se aplică la producția în serie mare și în masă a unor obiecte mai puțin importante și cînd este asigurată stabilitatea proceselor tehnologice. De asemenea, se recomandă în următoarele cazuri: la prelucrarea pe mașini-unelte automate care nu au echipament de control activ; după operații a căror precizie nu prezintă importanță deosebită pentru prelucrarea ulterioară. Unele recomandări valabile și pentru acest tip de control se dau în STAS 6085–59 și STAS 6133–60. Controlul pe bază de probe este mai puțin costisitor decît controlul integral, dar nu poate preveni apariția rebuturilor.

Controlul statistic, variantă a controlului pe bază de probe, constă în extragerea de probe în condiţii şi la perioade determinate, cu însemnarea rezultatelor pe o diagramă, care permite supravegherea desfăşurării proceselor tehnologice şi prevenirea apariţiei rebuturilor. Acest tip de control, bazat pe teoria probabilităţilor şi statistica matematică, aplicabil la producţia în serie mare şi în masă, duce la îmbunătăţirea calităţii produselor şi reducerea volumului lucrărilor de control; în schimb, impune o pregătire mai bună a controlorilor. Nu se recomandă aplicarea controlului statistic în cadrul prelucrării cu precizie redusă, cînd calitatea poate fi urmărită uşor şi apariţia rebuturilor este puţin probabilă.

Dacă precizia maşinii este suficientă pentru a justifica introducerea controlului statistic şi procesul tehnologic este dinamic stabil, se alege metoda de control statistic corespunzătoare (de obicei o metodă combinată), se întocmesc fişele de control pe care se trasează limitele de control stabilite pe bază de calcule statistice şi pe acestea se trec, la perioadele stabilite, rezultatele măsurării probelor extrase. Prescripţii pentru aplicarea unor metode de control statistic şi întocmirea fişelor se dau în STAS 6277—60, STAS 5880—58, STAS 6275—60, STAS 6276—60, STAS 6214—60 şi STAS 5997—58.

26.1.2. CONTROLUL ACTIV

Este cea mai perfecţionată formă de control tehnic al calităţii. Mijloacele folosite sînt următoarele:

1. Dispozitive de control activ, de construcţie relativ simplă, conţinînd un aparat indicator, care permite lucrătorului să urmărească desfăşurarea procesului tehnologic şi să intervină în cazul dereglării sistemului, ori la terminarea operaţiei.

2. Instalaţii de control activ, conţinînd un element de măsurare primar, un element de conducere şi comandă şi un element de execuţie. Aceste instalaţii pot fi: instalaţii de conducere automată a regimului de prelucrare, în funcţie de valoarea variabilă a parametrului controlat, întrerupînd prelucrarea la atingerea valorii prescrise; instalaţii de corectare automată a poziţiei sculei în timpul prelucrării; instalaţii de copiere automată activă.

Această formă de control tehnic se aplică în construcţia de maşini numai la producţia în masă şi, mai ales, la operaţii de finisare; totuşi, experienţa uzinelor arată că este convenabilă şi la alte tipuri de producţie. Aplicarea controlului activ presupune menţinerea utilajului la nivelul de precizie corespunzător, ceea ce impune supravegherea permanentă a maşinilor, dispozitivelor, uneltelor, mijloacelor de măsurare şi a calităţii semifabricatelor.

26.2. FORME ORGANIZATORICE DE CONTROL

În uzinele constructoare de maşini, de controlul calităţii răspunde serviciul de control tehnic, care are la dispoziţie: laboratorul uzinal, subsecţii de control tehnic în cadrul secţiilor de producţie, puncte de control tehnic în locuri de muncă, ateliere, secţii, sectoare etc. Toate subunităţile menţionate trebuie să aibă mijloacele de măsurare corespunzătoare.

Se deosebesc mai multe forme de control tehnic, şi anume: control la locul de muncă, control de atelier, controlul subsecţiilor de control, controlul beneficiarilor.

Controlul la locul de muncă. Această formă de control are caracter preventiv şi se execută de către controlorii din secţie, atelier, sector etc., sau chiar de lucrător. Cînd este executat de controlori specializaţi, se poate prezenta sub diverse forme, ca: controlul primelor piese, control volant, control inelar, control statistic curent, control de inspecţie.

Controlul primelor piese, executat după reglarea maşinii, este un control preventiv. Se face periodic: la începutul schimburilor de lucru, la schimbarea sculelor, la reglarea maşinilor.

Controlul volant constă în cercetarea de către controlor a locurilor de muncă dintr-un sector sau atelier, la perioade de timp determinate şi verificarea ultimelor piese; dacă se constată rebuturi, controlorul anunţă pe şeful sectorului, atelierului etc. să ia măsurile necesare de înlăturare a cauzelor.

Controlul inelar este o variantă a formelor indicate mai sus şi constă în verificarea produselor de la un anumit număr de locuri de muncă, pe care le cercetează succesiv după grafic.

Controlul statistic curent, ca şi controlul volant sau inelar, constă în trecerea, la perioade stabilite, a controlorului însărcinat cu supravegherea statistică pe la toate locurile de muncă la care se aplică acest tip de control, măsurarea numărului de piese prescris şi însemnarea rezultatelor pe diagramele de control de la locurile de muncă.

Controlul de inspecţie este o formă particulară de control la locul de muncă, organizată de serviciul de control tehnic, care printr-o comisie de controlori, verifică atît calitatea produselor, cît şi activitatea depusă de personalul de control din secţii şi ateliere.

Autocontrolul este cea mai nouă formă de control la locul de muncă. El presupune răspunderea deplină a lucrătorului, care se angajează să dea numai produse de calitate corespunzătoare, astfel încît să fie admise la prima prezentare. Prin aplicarea acestei forme de control nu se desfiinţează controlul tehnic, ci se modifică doar caracterul şi conţinutul muncii controlorilor.

Controlul de atelier. Este un control intermediar, care se aplică în ateliere la prelucrarea şi montarea unor părţi de maşini. El se poate face pe operaţii sau pe grupe de operaţii. Controlul pe operaţii se aplică la operaţiile foarte importante, de care depinde prelucrarea ulterioară. Controlul pe grupe de operaţii se aplică atunci cînd caracterul procesului tehnologic nu permite controlul după fiecare operaţie, ori cînd controlul pe operaţii nu este raţional. Se face de obicei pe locuri de muncă fixe, aşezate la sfîrşitul liniilor tehnologice ori cuprinse în acestea.

Controlul subsecţiilor de control. Acesta poate fi un control preventiv, intermediar sau final, care se execută la punctul de control din secţie, dotat cu mijloacele corespunzătoare, ori în magazia de piese finite, astfel încît să oprească trecerea mai departe a pieselor necorespunzătoare.

Controlul beneficiarilor. Acesta reprezintă verificarea de către beneficiar sau de către reprezentantul acestuia a produselor gata de livrare, pentru a vedea dacă acestea corespund condiţiilor tehnice fixate prin standarde, norme interne sau caiete de sarcini.

27. CONTROLUL CALITĂȚII MATERIALELOR METALICE

În timpul prelucrării (semifabricat-faze interoperaționale-produs finit), pentru asigurarea calității corespunzătoare a materialului, se impun următoarele măsuri de control:

— Controlul prin examinarea aspectului exterior, care constă din: verificarea conservării produsului, ambalaj, izolație față de mediu, marcare și poansonare, aspectul suprafeței (culori de indicație, culori de revenire, exfolieri, scorii, fisuri, sufluri, incluziuni de corpuri străine, pojghițe, suprapuneri etc.). La examinarea aspectului exterior se poate folosi lupa.

— Determinarea compoziției chimice, care se poate face prin analiză chimică cantitativă și calitativă (gravimetrică, volumetrică, gazovolumetrică), prin metode de analiză fizico-chimice (polarografică, fotocolorimetrică) sau prin metode fizice (spectrale). O apreciere a compoziției chimice (calitativă) se poate face și prin metoda încercării prin scîntei. Analiza chimică, pentru diverse elemente, se efectuează conform normelor în vigoare, sau după procedeele clasice, indicîndu-se metoda folosită și sursa bibliografică.

— Analiza microscopică, care evidențiază microstructura (forma, mărimea și aranjamentul constituenților și fazelor structurii, mărimea grăunților, natura, forma și repartizarea incluziunilor nemetalice) și analiza macroscopică, care se efectuează cu ochiul liber sau cu ajutorul unei lupe și evidențiează macrostructura (fibrajul, incluziuni nemetalice, goluri de contracție, retasuri, sufluri, fisuri).

— Analiza proprietăților fizice care se face prin metode de laborator clasice, în general, pe epruvete cu formă specifică analizei respective. Se determină conductivitatea electrică și conductibilitatea termică, coeficientul de dilatare termică liniară, punctele critice de transformare, densitatea, greutatea specifică etc.

— Analiza caracteristicilor mecanice.

— Analiza proprietăților tehnologice. Pentru materialele metalice cu proprietăți speciale se dau indicații asupra valorilor minime ale parametrilor asigurați și asupra metodelor de analiză ale acestora.

— Analiza defectelor interne ale pieselor (defectoscopie).

27.1. ANALIZA DEFECTELOR INTERNE ALE PIESELOR

Metoda distructivă. Se execută pe epruvete, pe suprafețele rezultate din rupere sau pe suprafețe pregătite prin șlefuire și atac cu reactivi (H_2SO_4, HCl); atacul accentuează vizibilitatea.

Metode nedistructive. În cele ce urmează se prezintă principial metodele: luminiscentă, magnetică, cu radiații penetrante și cu ultrasunete.

Metoda luminiscentă se aplică la piese cu defecte de suprafață. Constă în iradierea cu raze ultraviolete a pieselor, care în prealabil au fost scufundate într-o soluție fluorescentă. Soluția pătrunsă în defecte devine fluorescentă sub acțiunea razelor, evidențiind locul cu defect. Se folosesc lămpi cu cuarț și mercur de tip medicinal și lichide fluorescente ca: amestec format din ulei de transformator (15%) și gaz lampant (85%) sau amestec de gaz lampant (74%), vaselină (15%), benzol (11%), cu adaos de soluție de fluor 0,2 g/l și 2 g de emulgator. Pentru mărirea contrastului (developare) se presară praf fin de MgC sau $MgCO_3$. Se evidențiază defectele cu o grosime de 0,005 mm, la materiale magnetice și nemagnetice.

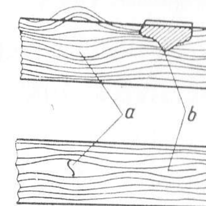


Fig. 27.1. Dispersia fluxului magnetic la piese defecte:
a — defect transversal; *b* — defect longitudinal

Metoda magnetică se aplică materialelor feromagnetice. Fluxul magnetic ce străbate piesa întîmpină la locul defectului o rezistență și se dispersează. În locul unde există defecte la mică adîncime sau care pătrund pînă la suprafață se produce o concentrare a liniilor de forță și la ieșirea lor din metal se produce polarizarea magnetică. Efectul este puternic cînd fluxul magnetic este îndreptat perpendicular pe defect (fig. 27.1) și e aproape nul cînd acesta este îndreptat paralel cu defectul. Pentru evidențierea defectului se folosește o pulbere magnetică ce se presară pe suprafața metalului și care se aglomerează în dreptul defectului, formînd spectre magnetice. Magnetizarea se poate face în curent continuu sau alternativ. Se determină locul, dimensiunile și caracterul defectului.

La metoda uscată (cu pulbere) pe suprafața piesei se presară pulbere din oxizi feromagnetici (Fe_3O_4). Culoarea pulberii trebuie să fie diferită de cea a piesei iar mărimea particulelor pulberii de 5—10 μm.

La metoda umedă (cu suspensie), pulberea se amestecă cu un lichid, ceea ce îi mărește mobilitatea. Lichidul trebuie să aibă viscozitate mică, temperatură înaltă de explozie și de aprindere, să nu corodeze și să fie de culoare deschisă. Se pot folosi: ulei de transformator, vaselină, petrol lampant, alcool etc. Se folosește 50 g pulbere la un litru lichid. Mărirea contrastului se realizează folosind pulberi colorate.

Pentru încercare, piesa se scufundă în lichid sau lichidul se întinde cu o pensulă pe suprafața de studiat. După control, piesele trebuie demagnetizate.

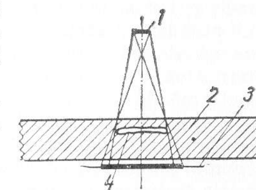


Fig. 27.2. Schema controlului cu radiații penetrante:
1 — sursa de radiații; *2* — piesa; *3* — film; *4* — defect

La metoda cu radiații penetrante (raze X sau gama), depistarea defectelor interne se bazează pe absorbția de diferite grade a radiațiilor penetrante prin medii diferite. În piese, locul cu defect va prezenta un grad de absorbție diferit de cel al materialului sănătos. Imaginea defectului va apărea pe un ecran sau pe o placă fotografică (fig. 27.2), avînd o intensitate diferită de impresionare a materialului fotosensibil față de celelalte porțiuni ale metalului (STAS 6606—69). Metoda poate fi radioscopică sau radiografică, ultima fiind mai sensibilă.

La folosirea razelor X se pot constata defecte în piese de oțel cu grosimi pînă la 120 mm. Radioscopia sesizează defecte cu dimensiuni de 8—15% din grosimea materialului studiat, iar radiografia de 1—2%.

La folosirea razelor gama se pot constata defecte în piese de oţel cu grosimi pînă la 300 mm. Metoda este mai puţin sensibilă decît cea cu raze X.

Metoda cu ultrasunete (STAS 6914—64 şi STAS 7802—67) se bazează pe proprietatea vibraţiilor ultrasonice de a străbate materialele şi a se reflecta de pe suprafeţele întîlnite. La anumite frecvenţe creşte concentrarea şi se micşorează unghiul de deschidere a fascicolului, lucrînd ca o „rază ultrasonică". Această rază este folosită pentru explorarea internă a metalelor. Vibraţiile ultrasonice se obţin cu ajutorul unui vibrator excitat de un genera-

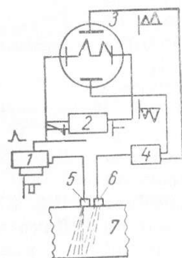


Fig. 27.3. Schema defectescopului ultrasonic cu impulsuri:

1 — generator de impulsuri; *2* — generator de bază; *3* — oscilograf; *4* — amplificator; *5* — vibrator; *6* — detector; *7* — piesa;

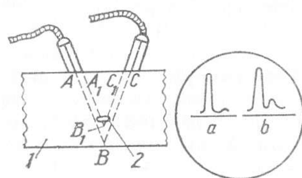


Fig. 27.4. Defectoscopia ultrasonică cu impulsuri:

1 — piesă; *2* — defect; *ABC* — parcursul „razei ultrasonice" reflectat de „fund"; $A_1B_1C_1$ — parcursul aceleiaşi raze reflectate de „defect"; *a* — vîrful semnalului „defect"; *b* — vîrful semnalului „fund"

tor special de impulsuri, care produce impulsuri scurte de tensiune variabilă şi frecvenţă înaltă (fig. 27.3).

Vibratorul transformînd impulsurile de înaltă frecvenţă ale tensiunii alternative în vibraţii elastice de aceeaşi frecvenţă, trimite periodic raze ultrasonice în metal. Ajungînd pînă la suprafaţa opusă a produsului (pînă „la fund"), raza ultrasonică este reflectată spre un detector special, care transformă vibraţiile ultrasonice reflectate în tensiune alternativă, care intră în amplificator şi apare apoi pe ecranul tubului oscilografului sub formă de vîrf. Semnalul „de fund" se vede în partea dreaptă a ecranului (fig. 27.4). Dacă în grosimea metalului există un defect, vibraţiile ultrasonice se reflectă de la acesta şi, deoarece parcursul razei ultrasonice pînă „la defect" este mai scurt decît pînă „la fund", semnalul „defect" va apărea pe ecran mai înainte şi mai spre stînga de semnalul „fund". Poziţia reciprocă a semnalelor se determină prin construcţia oscilografului.

Se pot constata defecte foarte mici la distanţe apreciabile (cîţiva milimetri pătraţi la distanţa de 1 m).

28. MECANIZAREA ŞI AUTOMATIZAREA CONTROLULUI TEHNIC

28.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Necesitatea controlului automat. Automatizarea operaţiilor de control în cursul prelucrării a devenit necesară o dată cu mărirea productivităţii muncii şi a preciziei de prelucrare, atribute inerente gradului de dezvoltare a tehnicii actuale. În fabricaţia modernă, de serie mare, operaţiile de control reprezintă circa 40% din timpul consuma pentru execuţia întregului proces tehnologic. În cazul acestor tipuri de producţie volumul de muncă necesar pentru efectuarea operaţiilor de control neautomatizate depăşeşte cu mult pe cel al operaţiilor productive.

Adoptarea controlului automat la o întreprindere industrială sau într-o secţie se face numai pe baza unei analize profunde, ţinînd seama de condiţiile existente, factorul determinant fiind cel economic. Se poate adopta un sistem de control automat pe o maşină-unealtă, numai dacă maşina este suficient de rigidă şi nu are un grad prea mare de uzură, avînd încă posibilitatea de a realiza produse, în proporţie de cel puţin 60—70%, în limitele de toleranţă impuse.

Avantajele controlului automat. Faţă de metodele clasice de control tehnic, controlul automat în cursul prelucrării prezintă următoarele avantaje: înlocuieşte participarea efectivă a omului în procesul tehnologic; elimină erorile subiective; asigură îmbunătăţirea continuă a calităţii produselor; dezvoltă principiile de interschimbabilitate; anticipează apariţia rebutului, permiţînd reglarea maşinilor.

Stadiul actual al automatizării operaţiilor de control. În stadiul actual, operaţiile automate de control se desfăşoară, în general, după următorul program: Se selectează numai piesele bune pentru operaţiile următoare (în cazul controlului înaintea prelucrării), urmînd a fi supuse apoi unui control final, pentru detectarea tendinţei erorilor, în vederea efectuării corecţiilor necesare pe maşină. Aceste operaţii se execută automat de către aparate de măsură cu acţiune independentă sau combinată. În acest timp, alte aparate de verificare, situate în lanţurile de transfer, examinează automat piesele, pentru a constata modul de desfăşurare a procesului tehnologic. În cazul unor defecţiuni ca: uzură, dereglare sau deteriorare a sculelor, proastă orientare a poziţiei pieselor etc., se va da comanda pentru oprirea maşinii.

Domeniul de aplicare. Automatizarea operaţiilor de control a găsit un larg cîmp de aplicaţie, cu mult succes, în fabricaţia de serie mare, iar în ultima vreme la realizarea automată a montajelor. În fabricaţia de serie mică, aparatura automată de control nu a reuşit să înlocuiască aparatele de măsură convenţionale, care se dezvoltă şi se perfecţionează în aceeaşi măsură cu cele automate.

Abaterile instalaţiilor automate de control. Ca orice aparat, un aparat de control automat prezintă erori în cursul prelucrării. Aceste erori pot fi clasificate în două categorii:

— Erori care nu depind de funcţionarea sistemului maşină-piesă-sculă. Acestea sînt erori care rezultă din schema cinematică a aparatului de control automat şi din erorile lui de fabricaţie.

— Erori care depind de funcţionarea sistemului maşină-piesă-sculă. Aceste erori sînt determinate de următorii factori: deformaţiile sistemului elastic maşină-piesă-sculă, datorite forţelor de aşchiere; vibraţiile piesei şi ale maşinii; variaţiile de temperatură ale piesei şi ale maşinii; uzura vîrfurilor de măsurare.

Eficienţa economică a automatizării controlului. Din punct de vedere economic, automatizarea controlului prezintă următoarele avantaje:

— rebuturile se reduc de la 30% la 1% sau chiar la zero, datorită prevenirii abaterilor în afara cîmpurilor de toleranţă;

— productivitatea creşte cu 20—30%, datorită efectuării măsurărilor în cursul fabricaţiei şi a vitezei mari de măsurare;

— se reduce cu 20—30% consumul de energie electrică necesar acţionării electrice a maşinilor-unelte prin eliminarea curselor în gol, necesare efectuării măsurărilor prin mijloace clasice;

— se măresc suprafeţele de producţie cu 25—30%, prin reducerea suprafeţelor destinate amplasării aparaturii clasice de control.

28.2. METODE DE CONTROL AUTOMAT AL DIMENSIUNILOR, FORMELOR ŞI POZIŢIEI RECIPROCE A SUPRAFEŢELOR

După faza din procesul tehnologic în care se execută, se disting trei metode de control automat: în cursul prelucrării, după prelucrare şi automat.

Controlul în cursul prelucrării. Această metodă constă în verificarea cotelor piesei în timpul procesului de prelucrare.

Controlul după prelucrare. În acest caz, ansamblul care formează instalaţia de control automat este plasat alături sau pe maşina-unealtă (fig. 28.1). Acesta controlează cotele fiecărei piese la sfîrşitul prelucrării, asigurînd totodată şi un important număr de funcţii esenţiale: permite trecerea pieselor bune către operaţia următoare; clasează piesele bune în diferite categorii, după cote; respinge piesele defecte; opreşte maşina dacă numărul pieselor rebutate depăşeşte o anumită limită; compensează variaţiile în stabilitatea de funcţionare a maşinii reglînd-o în caz de depăşire a abaterilor maxime şi minime; opreşte maşina în caz de dereglare, uzură, sau deterioare a sculei.

Fig. 28.1. Metoda de control după prelucrare

Această metodă de control permite verificarea mai multor parametri, spre deosebire de metoda precedentă care verifica numai o dimensune. Totodată, operaţiile de măsurare făcîndu-se după prelucrare, piesa are timp să se răcească pînă aproape de temperatura mediului ambiant, ceea ec face ca precizia măsurării să fie mai mare.

Metoda oferă condiţii optime pentru protejarea instalaţiei de control automat împotriva lichidului de răcire, căldurii degajate de maşină şi a vibraţiilor, limitînd erorile datorate acestor cauze.

Controlul automat combinat. Avantajele celor două metode prezentate mai înainte pot fi combinate (fig. 28.2). Controlul în cursul prelucrării asigură posibilitatea de percepere a variaţiilor dimensiunilor pieselor, iar controlul după prelucrare asigură posibilitatea de determinare a cotelor efective ale piesei. Pentru a fi corectate, postul de control după prelucrare semnalează postului de control în timpul prelucrării corecţiile necesare reglării la noul punct de zero. Acest nou reglaj poate fi efectuat, fie urmînd o scară determinată, fie proporţional cu variaţiile dimensiunilor pieselor, înregistrate de către dispozitivul de măsurare înaintea prelucrării.

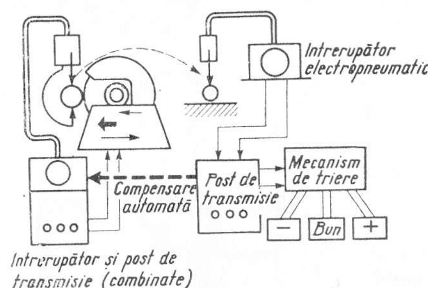


Fig. 28.2. Metoda de control combinată

Metodele de control automat expuse pot fi realizate cu aparatură electrică, electropneumatică, electronică sau pneumoelectronică.

28.3. AUTOMATE DE CONTROL PASIV

Orice maşină automată de control pasiv, indiferent de parametrii pe care îi măsoară, este compusă din următoarele elemente: mecanismul de alimentare; mecanismul de transport; elementul de măsurare primar; elementul de conducere şi comandă; elementul de execuţie. Funcţionarea acestor maşini este ciclică. Ţinînd seama de principiul de funcţionare a elementului de măsurare primar, automatele de control se pot clasifica în: automate cu elemente de măsurare mecanice; automate cu elemente de măsurare electrice; automate cu elemente de măsurare pneumatice.

Majoritatea automatelor de control au şi aparatură electronică, care serveşte la amplificarea semnalelor date de elementele primare, în vederea executării diferitelor comenzi.

Aparat automat cu element de măsurare primar mecanic pentru controlul lungimii acelor de rulment. Pe acest automat se verifică ace de rulmenţi cu diametru pînă la 5 mm şi lungimea pînă la 20 mm (fig. 28.3). Încărcătorul *1* care preia acele din pîlnia de alimentare *2* şi căruciorul *3* primesc o mişcare de translaţie de la motorul *4*, prin intermediul unui reductor cu angrenaj melcat. Acul de rulment ajuns în orificiul *5* al căruciorului *3* este împins în calibrul furcă, care se poate deplasa pe ghidaje. O muchie a calibrului este în contact cu o treaptă a mesei rotitoare *6*. La introducerea piesei în calibrul *7*, aceasta se deplasează cu o mărime funcţie de cota de controlat. Dacă piesa are o lungime corespunzătoare ea trece liber prin treapta „trece" a calibrului, oprindu-se în dreapta „nu trece" şi împinge calibrul pînă la capătul cursei. Dacă piesa este prea lungă (defect remediabil), se opreşte la intrarea calibrului în treapta „trece" şi îl împinge pe acesta pînă la capătul cursei. Dacă lungimea piesei este prea mică (rebut neremediabil), trece liber prin toate treptele, fără a deplasa calibrul. Astfel, calibrul poate avea trei poziţii. Aceste poziţii sînt fixate pe masa rotitoare *6*, care sub acţiunea unui arc este în permanenţă apropiată de calibru, oferindu-i una din cele trei trepte, în momentul în care calibrul a ajuns în dreptul ei. Prin canalul *8* al mesei rotitoare piesele sînt dirijate în mod corespunzător sertarului, care reprezintă o grupă

de dimensiuni. Revenirea calibrului şi a mesei în poziţia iniţială, sînt asigurate de pîrghia 9. Precizia de măsurare este de $\pm 0{,}05$ mm.

Aparat automat cu element de măsurare primar electric pentru controlul grosimii radiale a segmenţilor de piston. În fig. 28.4 este prezentată schema de funcţionare a

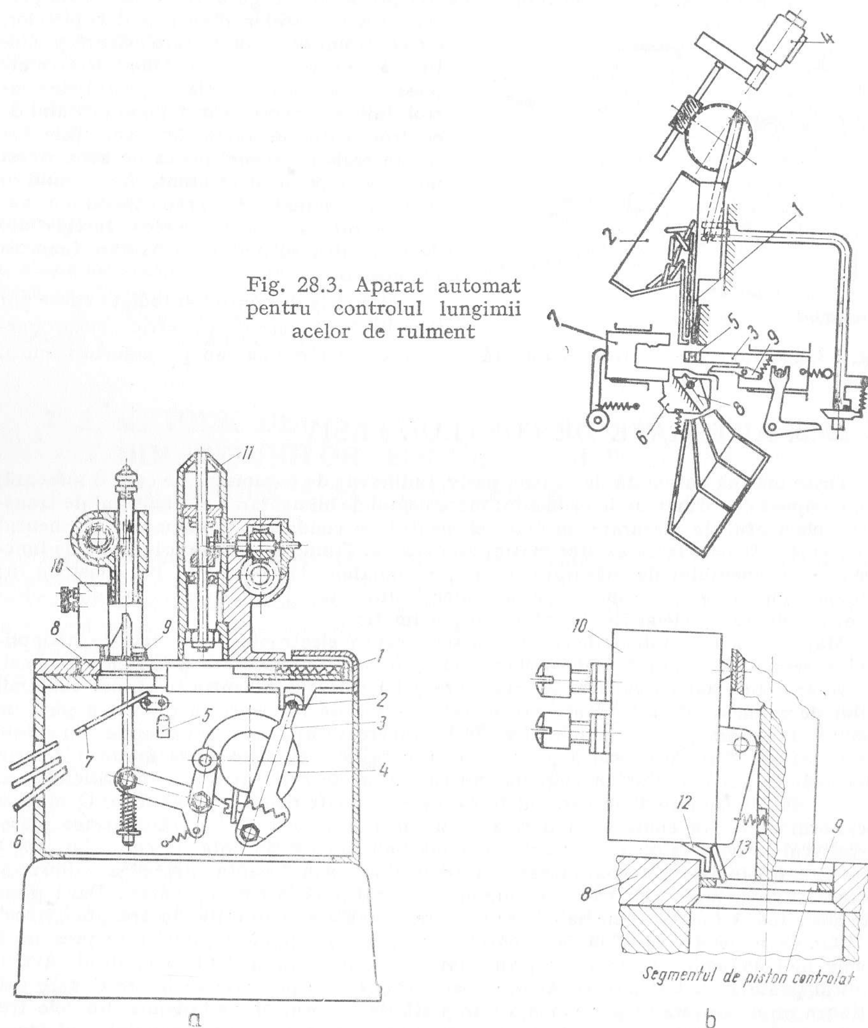


Fig. 28.3. Aparat automat pentru controlul lungimii acelor de rulment

Fig. 28.4. Aparat cu contact electric pentru controlul grosimii radiale a segmenţilor de piston

acestui aparat. Controlul se face pe grosimea radială cu sortarea pe trei grupe. Segmenţii controlaţi se montează pe paharul rotitor *11*. Segmentul inferior este comprimat de căruciorul *1*, care are o mişcare de du-te-vino transmisă de culisa *3* şi bolţul de culisare *2* de la arborele principal al motorului electric *4*. Segmentul este trimis cu căruciorul special *1* pînă la limitatorul *8*, care formează cu căruciorul o circumferinţă închisă, în care

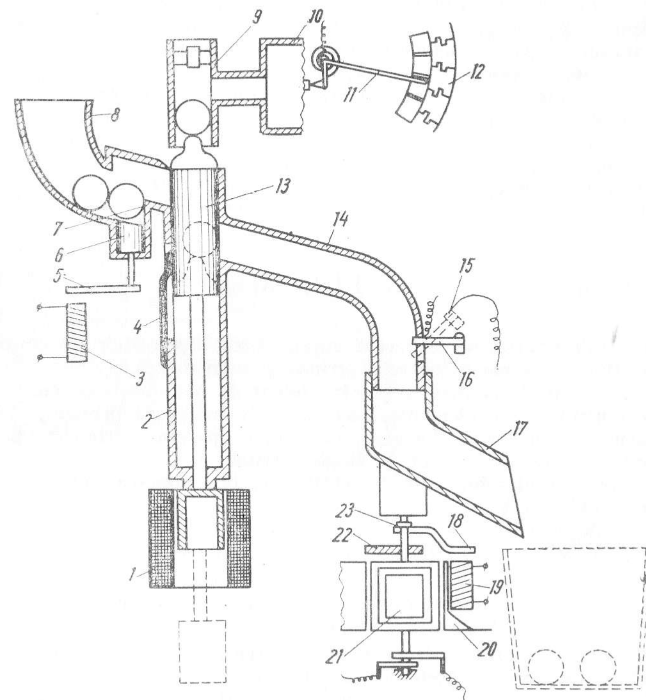


Fig. 28.5. Aparat automat pneumatic pentru sortarea bilelor de rulmenţi în timpul rectificării

este comprimat segmentul de măsurat. Din această poziţie, împingătorul-taler *9* trimite segmentul la poziţia de măsurare. La înapoierea împingătorului-taler, traductorul cu contact electric *10* intră în poziţia de măsurare, cu palpatorul fix *12* şi cel mobil *13*. Palpatorul mobil palpează segmentul de controlat pe diametrul interior. Electromagnetul *5* comandă poziţia limitatorului *7*. Limitatorul se aşază în diverse poziţii, corespunzînd în înălţime jgheaburilor *6*. Productivitatea acestui automat ajunge pînă la 2 000 segmenţi/oră.

Aparat automat cu element de măsurare primar pneumatic pentru sortarea bilelor de rulmenţi. Principiul de funcţionare a acestui aparat este prezentat în fig. 28.5.

În dispozitivul de încărcare *8* de tip pîlnie, bila este reținută de proeminența *7*. Periodic, se pune în funcțiune electromagnetul *3*, care, prin intermediul pîrghiei *5* și împingătorul *6*, ridică bila, ce se rostogolește apoi, sub acțiunea greutății proprii, în tubul *2*, unde este reținută de arcul *4*. Apoi se pune în funcțiune solenoidul *1* care ridică transportorul *13*, împreună cu bila, în ajutajul *9* al traductorului pneumatic cu membrană *10*. În funcție de dimensiunea bilei, presiunea din traductor va crește sau se va micșora, deformînd membrana ce modifică poziția pîrghiei *11*, a cărei perie închide un contact al reostatului *12*. Astfel se emite semnalul pentru dispozitivul de sortare, format din jgheabul rotitor *17*. După măsurare, electromagnetul *1* este scos din funcțiune, transportorul *13* coboară, arcul *4* împinge bila în țeava *14*, unde, la căderea ei, rotește pîrghia *16*, ce închide contactul *15*, punînd în funcțiune prin aceasta electromagnetul *3*, procesul de măsurare reîncepînd. Mai departe bila se dirijează pe jgheabul rotitor *17* spre colectorul respectiv. Rotirea jgheabului se realizează datorită acțiunii reciproce dintre bobina *21* și magnetul *20*. Poziția jgheabului se fixează cu ajutorul electromagnetului *19* și a pîrghiei *18* care se sprijină pe opritorul *22* și apasă pe discul *23*.

Automatul este calculat pentru sortarea bilelor pe grupe la intervale de 0,5 μm.

28.4. AUTOMATE DE CONTROL ACTIV

Prin acest tip de control se realizează suprapunerea operațiilor de control cu cele tehnologice, existînd între ele o legătură strînsă și permanentă.

Un aparat automat de control activ, indiferent de parametrii pe care îi măsoară, este compus din următoarele elemente: elementul de măsurare primar; elementul de comandă; elementul de execuție. La cele mai simple aparate, ultimele două elemente lipsesc, fiind înlocuite de operatorul de lîngă mașină.

În decursul procesului tehnologic de rectificare, funcționarea acestor aparate este continuă sau discretă.

Ținînd seama de principiul de funcționare al elementului de măsurare primar, aparatele de control activ se pot clasifica în aparate cu elemente de măsurare mecanice, electrice sau pneumatice.

Aparatele de control activ sînt montate direct pe mașina de rectificat (în majoritatea cazurilor chiar pe apărătoarea pietrei).

Majoritatea acestor aparate este dotată și cu aparatură electronică pentru amplificarea semnalelor date de elementele primare, în vederea executării diferitelor comenzi.

Aparate cu elemente de măsurare mecanice. Sînt folosite, în special, pentru controlul dimensiunilor diametrelor exterioare și interioare. Contactul cu piesa se realizează prin intermediul unor pîrghii, care sînt prevăzute la capete cu vîrfuri din materiale dure sau diamant. Variația dimensiunilor piesei este transmisă de deplasarea pîrghiilor, la un aparat indicator, înregistrator sau la niște contacte electrice prin care se transmit impulsuri de comandă, pentru modificarea avansului în vederea finisării și îndepărtării pietrei cînd s-a atins cota finală. Vîrfurile de contact cu piesa pot fi unu, două sau trei.

Aparate cu elemente de măsurare electrice. În fig. 28.6 este prezentat principiul de funcționare al unui aparat din această categorie, la care elementul de măsurare primar este format dintr-un traductor inductiv. Variația reluctanței circuitului magnetic se realizează prin deplasarea pîrghiilor solidare cu armăturile acestui circuit. Pîrghiile sînt dotate cu vîrfuri de diamant care vin în contact cu piesa de rectificat. Cînd cota dorită a fost atinsă, semnalul electric este transmis unui amplificator care acționează sistemul hidraulic de retragere a pietrei de rectificat.

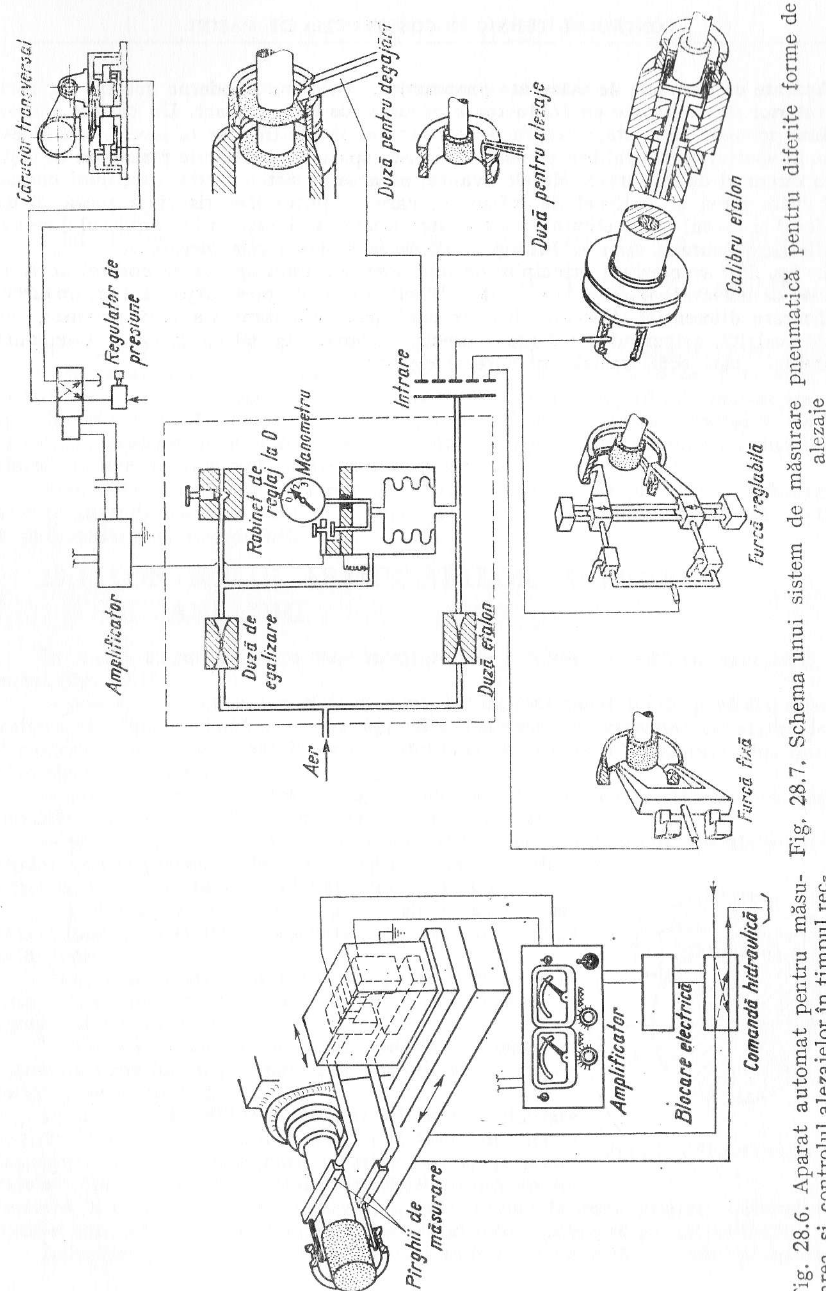


Fig. 28.6. Aparat automat pentru măsurarea și controlul alezajelor în timpul rectificării, cu traductor inductiv.

Fig. 28.7. Schema unui sistem de măsurare pneumatică pentru diferite forme de alezaje

Aparate cu elemente de măsurare pneumatice. Cele mai moderne maşini de rectificat interior sînt echipate cu traductoare pneumatice fără contact. Un calibru tampon sau duze speciale cu ajutaje pentru ieşirea aerului sînt introduse în alezaj. Aerul este refulat în spaţiul dintre calibru şi piesă. Mărimea spaţiului constituie rezistenţa de ieşire pentru circuitul de măsurare. Marele avantaj al acestor sisteme este lipsa unui contact direct între piesă şi calibrul de măsurare, care ar putea lăsa rizuri pe piesă şi uza palpatorul şi faptul că se elimină posibilitatea apariţiei vibraţiilor la contactul direct cu vîrfurile de măsurare, cum se întîmplă adesea la dispozitivele mecanice.

În fig. 28.7 se prezintă principiul de funcţionare a unui aparat de control activ cu elemente de măsurare pneumatice, pentru diferite forme de piese. Aparatul are un circuit de măsurare diferenţial. Sistemul funcţionează prin echilibrarea a două presiuni, una faţă de cealaltă, asigurînd o măsurare precisă, aproape la fel ca în cazul unei punţi Wheatstone, care echilibrează doi curenţi electrici.

29. CONTROLUL ASAMBLĂRILOR ŞI AL PIESELOR DE FORMĂ COMPLEXĂ

Pe lîngă obiectivele urmărite prin control asupra pieselor simple, individual considerate, în cazul pieselor complexe sau în cel al pieselor montate apar parametri suplimentari, datoraţi complicării de formă sau condiţiilor de montaj. Obiectivele asupra cărora se îndreaptă controlul sînt: precizia de prelucrare privitoare la parametrii de formă complexă; precizia poziţiei reciproce a axelor şi suprafeţelor pieselor montate; echilibrarea statică şi dinamică a pieselor mobile; parametrii funcţionali.

În scopul sistematizării, se expun obiectivele controlului asupra pieselor subansamblurilor şi ansamblurilor la care se tratează în ordine obiectele măsurărilor conţinute în parametrii mai susamintiţi.

29.1. CONTROLUL ASAMBLĂRILOR CU PENE ŞI CANELURI

În cazul asamblărilor cu pene longitudinale paralele se verifică următorii parametri (fig. 29.1):

— precizia dimensiunilor: lăţimea penei b_c; lăţimea canalului de pană din arbore b_a; lăţimea canalului de pană din butuc b_b; înălţimea penei h; adîncimea canalului de pană din arbore t; adîncimea canalului de pană din butuc t_1; diametrul alezajului din butuc D; diametrul arborelui d;

— precizia formei geometrice: planitatea suprafeţelor penei; planitatea suprafeţelor canalelor; abaterile de formă geometrică alezaj şi arbore;

— precizia poziţiei reciproce (la piesele individual considerate): paralelismul suprafeţelor penei; perpendicularitatea suprafeţelor canalelor; simetria canalului faţă de planul axial al piesei;

— precizia poziţiei reciproce (la piesele montate): bătaia radială şi frontală a organului de maşină montat prin pene.

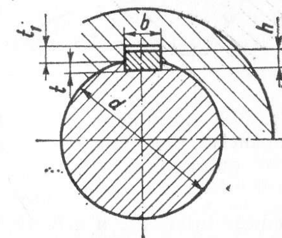


Fig.29.1. Asamblare cu pană.

Măsurarea acestor parametri se poate face cu aparate universale de măsură, cu dispozitive anexe de aşezare şi de contact.

Verificarea cu calibre este mai comodă şi poate să cuprindă simultan şi parametrii de dimensiune şi cei de formă geometrică (fig. 29.2).

În cazul asamblărilor cu caneluri dreptunghiulare (fig. 29.3) se verifică următoarele obiective: diametrul suprafeţei cilindrice exterioare a arborelui d_1 şi a alezajului din butuc; diametrul suprafeţei cilindrice interioare a arborelui d_2 şi a alezajului din butuc; lăţimea plinului arborelui şi canalului din butuc b; pasul circular al canelurilor (măsurat pe un cilindru mediu). Îndeosebi pentru asamblările canelate mobile se verifică în plus: abaterile de la

forma geometrică a arborelui şi a alezajului pe suprafeţele cilindrice; planitatea suprafeţelor canelurilor pe arbore şi alezaj.

De asemenea se verifică condiţiile de precizie a poziţiei reciproce: paralelismul suprafeţelor plane ale canelurilor pe arbore şi alezaj; concentricitatea alezajului faţă de arbore, după montaj.

La asamblările canelate în evolventă (fig. 29.4) se verifică: diametrul suprafeţei cilindrice exterioare a arborelui d_1 şi a alezajului din butuc D_1; diametrul suprafeţei

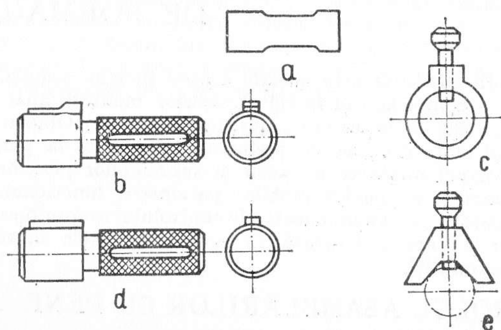


Fig. 29.2. Calibre pentru asmablări cu pană:
a — calibru-cală pentru controlul lăţimii canalului de pană; *b* — calibru tampon cu pană în trepte pentru controlul adîncimii butucului; *c* — calibru inel cu tijă în trepte pentru controlul adîncimii canalului arborelui; *d* ş *e* — calibre pentru controlul simetriei la butuc, respectiv arbore

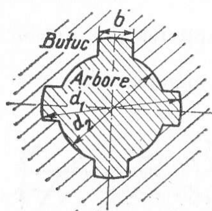


Fig. 29.3. Asamblare cu caneluri dreptunghiulare

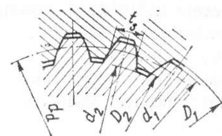


Fig. 29.4. Asamblare cu caneluri în evolventă

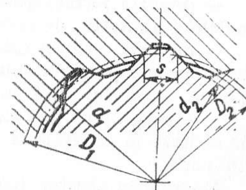


Fig. 29.5. Asamblare cu caneluri cu profil triunghiular

cilindrice interioare a arborelui d_2 şi a alezajului din butuc D_2; diametrul primitiv d_d; grosimea plinului t_s; lăţimea golului T_s; unghiul profilului de bază al cremalierei de referinţă; lungimea L_n peste n dinţi ai canelurii.

La asamblările canelate cu profil triunghiular (fig. 29.5) se verifică: diametrul exterior al arborelui d_1 şi al alezajului din butuc D_1; diametrul interior al arborelui d_2 şi al alezajului din butuc D_2; grosimea dinţilor S (măsurată pe diametrul mediu); unghiul flancurilor ($2\alpha = 90°$; $72°$; $60°$).

Verificarea acestor parametri se face după cum urmează: diametrele se controlează cu aparate universale, cu dispozitive speciale sau cu calibre; grosimile plinurilor cu aparate ca în fig. 29.6; erorile de pas (v. controlul roţilor dinţate); profilul flancurilor

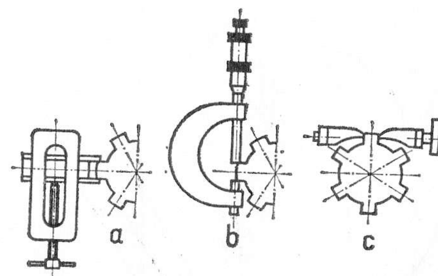


Fig. 29.6. Măsurarea grosimii canelurii:
a — cu bloc de cale cu accesorii; *b* — cu micrometrul; *c* — cu optimetrul orizontal

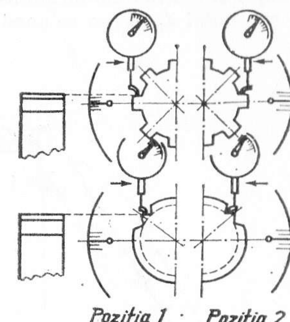


Fig. 29.7. Controlul profilului canelurilor

dinţilor dreptunghiulari şi triunghiulari se controlează cu ajutorul unui cap divizor şi unui comparator cu cadran (fig. 29.7).

În cazul canelurilor în evolventă ca şi la roţile dinţate profilul se verifică cu evolventmetrul.

29.2. CONTROLUL FILETELOR

Pentru exemplificare se consideră filetul metric. În fig. 29.8. este reprezentată schema unei asamblări filetate cu cîmpurile de toleranţă ale şurubului şi piuliţei. Parametrii care se verifică sînt:

— Diametrul exterior nominal al asamblării (D la piuliţă şi d la şurub). Aceeaşi cotă o au: diametrul exterior minim admisibil al piuliţei D_{min}; diametrul exterior maxim admisibil al şurubului d_{max}. Pentru tolerarea lui D, respectiv d, se prevăd şi cotele: diametrul exterior maxim admisibil al piuliţei D_{max} (nu se condiţionează) şi diametrul exterior minim admisibil al şurubului d_{min}. Pe diametrul exterior, cele două piese perechi, şurubul şi piuliţa, formează un ajustaj alunecător $\frac{H}{h}$ avînd cîmpurile de toleranţe:

$$T_D = D_{max} - D_{min}; \quad T_d = d_{max} - d_{min}.$$

— Diametrul mediu nominal al asamblării (D_2 la piuliţă şi d_2 la şurub). Aceeaşi cotă o au: diametrul mediu minim admisibil al piuliţei D_{2min} şi diametrul mediu maxim admisibil al şurubului d_{2max}. Pentru tolerarea lui D_2, respectiv d_2, se prevăd şi cotele: diametrul mediu maxim admisibil al piuliţei D_{2max} şi diametrul mediu minim admisibil al şurubului d_{2min}. Pe diametrul mediu, cele două piese perechi, şurubul şi piuliţa, formează un ajustaj alunecător $\frac{H}{h}$ avînd cîmpurile de toleranţe:

$$T_{D2} = D_{2max} - D_{2min}; \quad T_{d2} = d_{2max} - d_{2min}.$$

— Diametrul interior nominal al asamblării (D_1 la piuliţă şi d_1 la şurub). Aceeaşi cotă o are şi diametrul interior maxim admisibil al şurubului d_{1max}. Pentru tolerarea lui D_1, respectiv d_1, se prevăd şi cotele: diametrul interior maxim admisibil al piuliţei D_{1max}; diametrul interior minim admisibil al piuliţei D_{1min}; diametrul interior minim admisibil al şurubului d_{1min} (nu se condiţionează). Pe diametrul interior, cele două piese perechi,

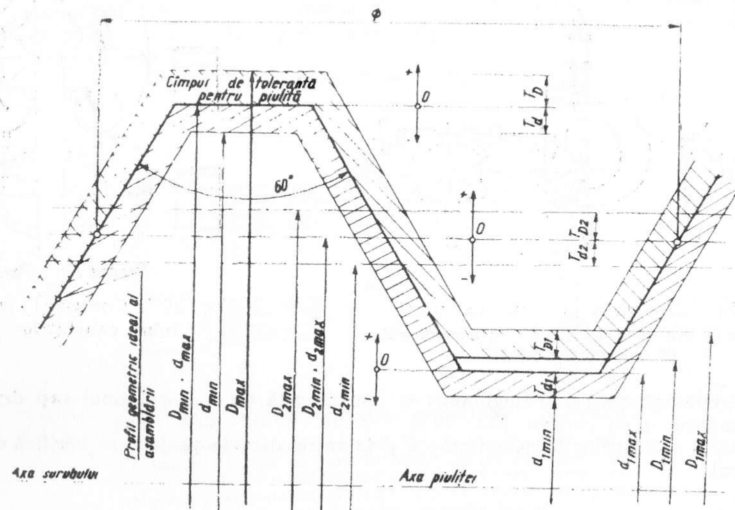


Fig. 29.8. Toleranţe ale filetului metric

şurubul şi piuliţa, formează un ajustaj cu joc (corespunzător jocului la fund) în sistem arbore unitar, avînd cîmpurile de toleranţă:

$$T_{D1} = D_{1max} - D_{1min};\ T_{d1} = d_{1max} - d_{1min}.$$

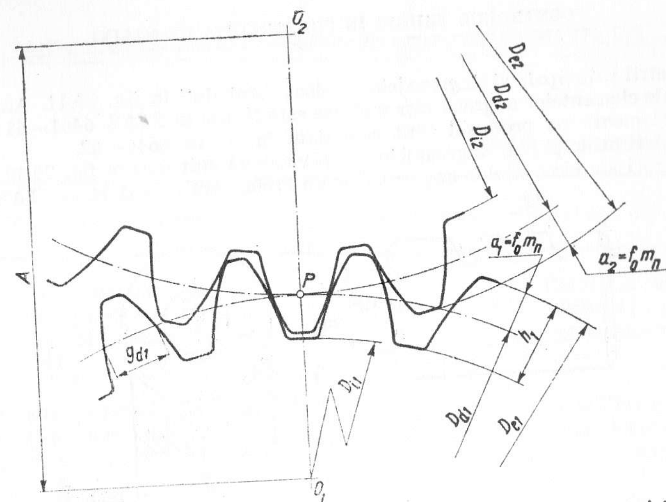
Pe lîngă aceste cote, se verifică: pasul filetului p şi unghiul la vîrf (60°).

Pentru filetele de altă construcţie, măsurarea şi verificarea se face conform principiilor stabilite prin metodele consacrate.

29.3. CONTROLUL ANGRENAJELOR

Parametrii principali ai roţilor dinţate şi angrenajelor cu roţi dinţate cilindrice sînt daţi în fig. 29.9. Din punct de vedere funcţional se urmăresc trei criterii de precizie (v. STAS 6273–60): precizia cinematică a roţii; funcţionarea lină a angrenajului; contactul dintre flancurile dinţilor. Notarea abaterilor diferitelor elemente pe produsul finit este dată în STAS 5013–64.

Parametrii principali ai roţilor dinţate şi angrenajelor cu roţi dinţate conice sînt daţi în fig. 29.10. Analiza diferitelor erori ale elementelor roţilor dinţate şi angrenajelor cu roţi dinţate conice este dată în STAS 6460–61, iar notarea diferitelor elemente pe desenul produsului finit este dată în STAS 5996–64.


Fig. 29.9. Parametrii principali care se măsoară la angrenajele cilindrice

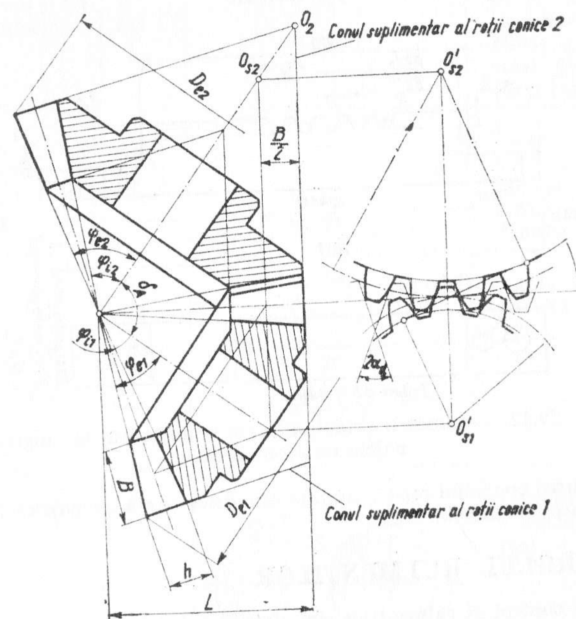


Fig. 29.10. Parametrii principali care se măsoară la angrenajele conice

Parametrii principali ai angrenajelor melcate sînt daţi în fig. 29.11. Analiza diferitelor erori ale elementelor angrenajelor melcate este făcută în STAS 6461—61 iar notarea diferitelor elemente pe produsul finit este dată în STAS 6649—62.

Parametrii principali ai angrenajelor cu cremalieră sînt daţi în fig. 29.12 iar analiza diferitelor erori ale elementelor angrenajelor cu cremalieră este dată în STAS 7395—66.

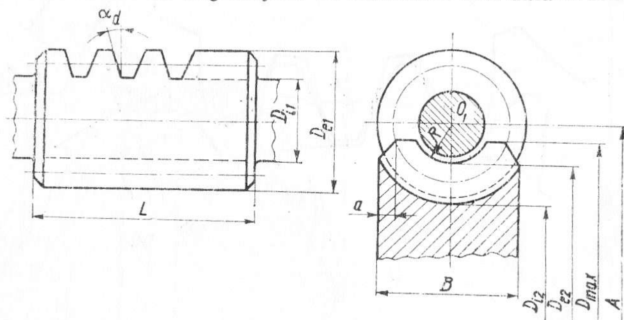


Fig. 29.11. Parametrii principali care se măsoară la angrenajele melcate

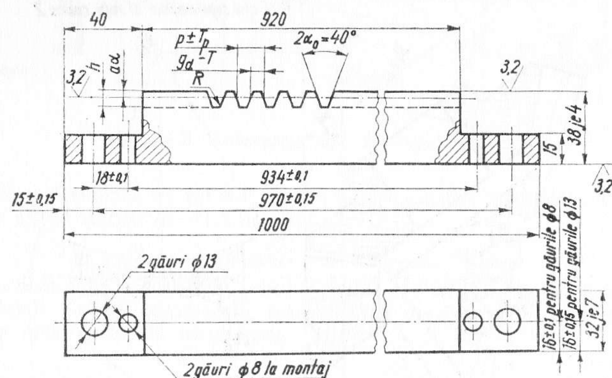


Fig. 29.12. Parametrii principali care se măsoară la angrenajele cu cremalieră

Mijloacele pentru controlul roţilor dinţate cilindrice şi a angrenajelor cu roţi dinţate cilindrice sînt date în tabelul 29.1.

29.4 CONTROLUL RULMENŢILOR

Parametrii de control ai rulmenţilor sînt daţi în tabelul 29.2. Pentru ansamblurile cu rulmenţi, cîmpurile de toleranţe pentru arbori sînt date în tabelul 29.3, iar pentru carcase în tabelul 29.4 (STAS 6671—67).

Tabelul 29.1

Controlul angrenajelor cilindrice

Poz.	Parametrul	Simbolul	Schema de control	Metodele şi mijloacele de control
1	Aspectul exterior, defecte grosolane pe suprafaţa roţii şi bavurii	—	—	Controlul vizual şi examinare cu o lupă cu grosismetrul de 4 ×
2	Diametrul alezajului din butucul roţii	*d*	—	Comparator de interior sau optimetru orizontal (la producţia de serie mică) şi calibre limitative (la producţia de serie mare).
3	Lăţimea roţii şi diametrul exterior	*B* D_e	—	Şubler sau micrometru (la producţia de serie mică) şi calibre limitative (la producţia de serie mare).
4	Lungimea (cota) peste *n* dinţi	L_n	—	Şubler cu precizie de 0,02 mm, micrometru special pentru roţi dinţate, portcoavă cu comparator
5	Bătaia radială a danturii	B_r		Aparat special cu comparator
6	Eroarea cinematică	*Ecn*		Instalaţie specială pentru verificarea erorii cinematice

Tabelul 29.1 (continuare)

Poz.	Parametrul	Simbolul	Schema de control	Metodele şi mijloacele de control
7	Eroarea cumulată de pas	*Ecp*		Măsurarea variaţiei pasului circular prin metoda colimaţiei sau anticolimaţiei şi cu ajutorul pasmetrelor
8	Eroarea de rostogolire	*Erg*	Ca la poz. 5 şi 6	Ca la poz. 5 şi 6
9	Eroare ciclică	*Ecl*	Ca la poz. 6	Ca la poz. 6, plus mecanismul de amplificare şi mecanismul de înregistrare
10	Variaţia pasului	*Vp*	Ca la poz. 7	Ca la poz. 7
11	Abaterea pasului de bază	*Apb*		Pasmetre staţionare sau portabile şi aparate universale
12	Eroarea formei profilului	*Efp*		Evolventmetru cu discuri amovibile, evolventmetru universal, proiector, microscop universal, şabloane

Tabelul 29.1 (continuare)

Poz.	Parametrul	Simbolul	Schema de control	Metodele şi mijloacele de control
13	Deplasarea suplimentară a profilului	*Xs*		Prin măsurarea cotei peste dinţi, cu comparatorul cu planetar special, aparatul tangenţial, şublerul pentru roţi dinţate sau microscopul optic
14	Variaţia distanţei de măsurat dintre axe	*VAm*		Aparat pentru verificarea complexă a roţilor dinţate
15	Jocul dintre flancuri	*j*		Dispozitiv cu comparator
16	Pata de contact	*Pc*		Metoda petelor de vopsea
17	Eroarea direcţiei liniei de contact Eroarea rectilinităţii liniei de contact	*Elc* *Erlc*		Aparate universale pentru roţi dinţate şi contactometre

Tabelul 29.2

Controlul rulmenţilor

Parametru de controlat	Indicaţii suplimentare	Observaţii
Diametrul interior	—	Verificarea se face la toate tipurile de rulmenţi. Controlul se face în cel puţin două planuri de măsurare, situate în afara teşiturilor inelului interior
Diametrul interior şi conicitatea	—	Verificarea se face la rulmenţi cu alezaj conic, controlul se face în două planuri de măsurare
Diametrul exterior	—	Verificarea se face la toate tipurile de rulmenţi. Controlul se face în cel puţin două planuri situate în afara teşiturilor inelului exterior. Controlul se poate face şi cu potcoave limitative sau la 300 mm cu aparate universale de măsurat

Tabelul 29.2 (continuare)

Parametru de controlat	Indicaţii suplimentare	Observaţii
Lăţimea inelului interior	—	Verificarea se face la rulmenţi radiali-axiali. Controlul se poate face şi cu aparate universale de măsurat, în cel puţin trei puncte
Lăţimea inelului exterior	—	Idem
Lăţimea de montaj	—	Verificarea se face la rulmenţi radiali axiali cu bile sau cu role conice
Paralelismul feţelor inelului interior	—	Verificarea se face la rulmenţii radiali şi radiali-axiali
Bătaia radială pe dorn a feţelor frontale ale inelului interior	—	Verificarea se face la rulmenţii radiali cu role cilindrice, radiali-oscilanţi cu bile sau role butoi, radiali cu bile, radiali-axiali cu role conice
Bătaia radială a inelului interior	Inelul interior se roteşte, inelul exterior rămîne fix	Verificarea se face la rulmenţii radiali cu role cilindrice, radiali-oscilanţi cu bile sau role butoi, radiali cu bile, radiali-axiali cu bile sau role conice
Bătaia radială a inelului exterior la rulmenţi radiali şi radiali-axiali	Inelul exterior se roteşte, inelul interior rămîne pe loc	Verificarea se face la rulmenţii cu role cilindrice, radiali-oscilanţi cu bile sau cu role butoi, radiali cu bile, radiali-axiali cu bile sau cu role conice
Bătaia laterală a căii de rulare a inelului interior la rulmenţi radiali cu bile şi radiali-axiali cu bile sau role conice	Inelul interior se roteşte, inelul exterior rămîne fix	La rulmenţii radiali cu role cilindrice şi radiali-oscilanţi cu bile sau cu role butoi nu se face această verificare
Bătaia laterală a căii de rulare a inelului exterior la rulmenţii radiali cu bile şi radiali-axiali cu bile sau cu role conice	Inelul exterior se roteşte, inelul interior rămîne fix	Idem
Bătaia axială a căii de rulare la rulmenţii axiali	Şaiba rulmentului se roteşte	Rulmenţii se aşază pe trei puncte de sprijin. Palpatorul aparatului trebuie să fie pe verticala unuia dintre cele trei puncte de sprijin
Bătaia radială a căii de rulare la rulmenţii axiali	Şaiba rulmentului se roteşte	Idem

Tabelul 29.3

Cîmpuri de toleranţe pentru arbor

Caracteristicile generale ale condiţiilor care determină alegerea toleranţelor			Denumirea maşinilor şi subansamblurilor cu rulmenţi	Diametrul interior al rulmentului, mm				Cîmpurile de toleranţă recomandate
Dacă se roteşte sau nu arborele	Felul încărcării inelului interior	Regimul de lucru		Rulmenţi radiali		Rulmenţi radiali-axiali		
				Cu bile	Cu role	Cu bile	Cu role	
Nu se roteşte	Încărcare locală	Uşor sau normal	Rolele transportoarelor cu bandă şi ale căilor suspendate pentru sarcini mici	Toate diametrele				g6(jd2)
		Normal sau greu Este posibilă deplasarea inelului de-a-lungul arborelui	Roţile din faţă şi spate ale autovehiculelor, tractoarelor, roţilor vagoanelor, avioanelor etc.	Toate diametrele				s7(jd2) i7(jc2)
			Rolele de întindere, rolele organelor de comandă ale avioanelor şi rolele transportoarelor cu scripeţi	Toate diametrele				h6(je2)
Se roteşte	Încărcare circulară	Uşor sau greu	Aparate electrice, centrifuge, turbocompresoare, pompe centrifuge, ventilatoare, reductoare, cutii de viteze pentru maşini-unelte, maşini agricole	<40	<18	—	—	j6(ta2); k6(tb2)
				—	—	<100	<40	j6(ta2) k6(tb2)
				>40	<100	—	—	k6(tb2) k5(tb1)
				—	—	>100	<100	k6(tb2)
				—	<250	—	—	m6(tc2)
				—	—	—	<250	m6(tc2)

Tabelul 29.3 (continuare)

Dacă se rotește sau nu arborele	Felul încărcării inelului interior	Regimul de lucru	Denumirea mașinilor și subansamblurilor cu rulmenți	Rulmenți radiali – Cu bile	Rulmenți radiali – Cu role	Rulmenți radiali-axiali – Cu bile	Rulmenți radiali-axiali – Cu role	Cîmpurile de toleranță recomandate
Caracteristicile generale ale condițiilor care determină alegerea toleranțelor				Diametrul interior al rulmentului, mm				
Se rotește	Încărcare circulantă	Normal sau greu. Este posibilă deplasarea inelului de-a lungul arborelui	Motoare electrice pînă la 100 kW, turbine, mecanisme bielă-manivelă, cutii de viteze pentru automobile și tractoare, arbori principali de la mașini-unelte, reductoare grele	<100	<40	—	—	k6(tb2) k5(tb1)
				—	—	<100	>40	k6(tb2)
				—	—	>100	>180	m6(tc2)
				>100	<180	—	—	m6(tc2) m5(tc1)
				—	<250	—	—	n6(td2) n5(td1)
				—	—	—	<250	n6(tb2)
		Greu (sarcini cu șoc)	Cutii de unsoare pentru osiile vagoanelor de căi ferate și tramvaie, arbori cotiți, motoare electrice peste 100 W, rolele transportoarelor de la mașini-unelte grele, roțile de rulare ale podurilor rulante	<100	<40	<100	<100	k5(tb1) k6(tb2)
				>100	<200	>100	<180	m5(tc1) m6(tc2)
				—	<250	—	<250	n6(td2) n5(tb1)
		Greu	Cutii de unsoare pentru osiile vagoanelor de cale ferată și tramvaie	Rulmenți pe bucșe de extracți pînă la orice diametru (STAS 6196–60)				h9(je4)
		Normal	Arbori de transmisie, mașini agricole	Rulmenți pe bucșe de stringere diametru (STAS 5814–66)				h9(je4)
Sarcină exclusiv axială			Toate tipurile de rulmenți	Toate diametrele				j6(ta2)

Observație. Recomandările făcute diferă de cele ale fabricii de rulmenți, SKF.

Tabelul 29.4

Cîmpuri de toleranțe pentru carcase de rulmenți (STAS 6671–67)

Dacă se rotește sau nu	Felul încărcării inelului exterior	Regimul de lucru	Denumirea mașinilor și asamblărilor pentru rulmenți	Cîmpurile de toleranțe recomandate
Caracteristicile generale ale condițiilor care determină alegerea toleranțelor				
Se rotește	Încărcare circulantă	Greu la carcase cu pereți subțiri	Roțile dințate ale automobilelor, tractoarelor, roțile avioanelor	P7
		Normal sau greu	Roțile transportoarelor cu role, rulmenții arborilor cotiți, roțile de rulare ale podurilor rulante	N7(TD2)
		Normal	Rolele transportoarelor cu role de întindere	M7(TC2) K7(TB2)
		Greu sau normal	Rulmenții arborilor principali ai mașinelor-unelte grele (de alezat frezat)	M6(TC1) K6(TB1)
Nu se rotește	Încărcare locală	Greu sau normal (deplasarea inelului de-a lungul arborilor este imposibilă	Rulmenți cu role cilindrice la cutiile de viteze și diferențiale ale automobilelor și tractoarelor	K7(TB2) M7(TC2) J7(TA2)
	Încărcare locală sau oscilantă	Greu sau normal	Rulmenții arborilor principali ai mașinilor de rectificat (rulmenții din față). Rulmenții fusurilor principale ale arborilor cotiți	K6(TB1) J6(TA2)
	Încărcare locală	Normal	Pompe centrifuge, ventilatoare centrifuge. Rulmenți pentru arborii mașinilor-unelte	J7(TA2) J6 (TA1)

Tabelul 29 4 (continuare)

Caracteristicile generale ale condiţiilor care determină alegerea toleranţelor			Denumirea maşinilor şi asamblărilor pentru rulmenţi	Cîmpurile de toleranţe recomandate
Dacă se roteşte sau nu	Felul încărcării inelului exterior	Regimul de lucru		
Nu se roteşte	Încărcare locală	Greu sau normal	Majoritatea ansamblurilor pentru rulmenţii din construcţii de maşini şi pentru cutiile de unsoare la osiile vagoanelor de tramvaielor	H7(JE2)
		Normal sau uşor (din două bucăţi)	Axe şi noduri din transmisii care nu pretind precizie de rotaţie, maşini agricole	H7(JE2) H8(E4)

Observaţie. Recomandările făcute diferă de cele SKF.

BIBLIOGRAFIE

1. BOVSUNOVSKI, I. I. ş.a. *Mecanizarea şi automatizarea operaţiilor de control în construcţia de maşini.* Bucureşti, Editura tehnică, 1963.
2. EGOROV, M. E. ş.a. *Tehnologia maşionostroienia.* Moscova, Vîsşaia şkola, 1965.
3. GERU, N. *Proprietăţile metalelor şi metode de control.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1967.
4. GRIGORIEV, I. A. *Controlul dimensiunilor în construcţia de maşini.* Bucureşti, Editura tehnică, 1961.
5. KOVAN, V. M. ş.a. *Osnovî tehnologhii maşinostroienia.* Moscova, Maşinostroienie, 1965.
6. LĂZĂRESCU, I. ş.a. *Toleranţe şi măsurări tehnice.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1969.
7. NĂDĂŞAN, ST. ş.a. *Încercări şi analize de metale.* Bucureşti, Editura tehnică, 1965.
8. PICOŞ, C. ş.a. *Tehnologia construcţiei de maşini.* Îndrumar. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1964.
9. POPESCU, D. *Realizări noi în tehnica ambalajului.* Bucureşti, I.D.T., 1967.
10. * * * *Aspecte moderne şi mijloace mecanizate şi automatizate de control a calităţii producţiei.* Bucureşti, I.D.T., 1967.

Bun de tipar: 19.09.1972. Coli de tipar 67.
Tiraj 8.300+140+30 exemplare legate C.Z. 621(022)



Tiparul executat sub comanda nr. 2297 la Intreprinderea poligrafică „13 Decembrie 1918" str. Grigore Alexandrescu nr. 89–97. Bucureşti. Republica Socialistă România.